UNIVERSITE DE DIJON

INSTITUT DE BIOLOGIE APPLIQUÉE A LA NUTRITION ET A L'ALIMENTATION

Laboratoire de Biologie Physico-chimique

THESE

présentée à la Faculté de Sciences en vue d'obtenir

le grade de DOCTEUR-INGÉNIEUR

par

René MERLE

Ingénieur I.B.A.N.A.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA CONSERVATION PAR LE FROID DES PLATS PRÉPARÉS

Soutenue le 11 Février 1974

devant la Commission d'Examen

Président	M.	J. KEILLING
Examinateurs	Melle	D. SIMATOS
	M.	V. CAUMARTIN

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549827_0010

UNIVERSITE DE DIJON

INSTITUT DE BIOLOGIE APPLIQUÉE A LA NUTRITION ET A L'ALIMENTATION

Laboratoire de Biologie Physico-chimique

THESE

présentée à la Faculté de Sciences en vue d'obtenir

le grade de DOCTEUR-INGÉNIEUR

par

René MERLE

Ingénieur I.B.A.N.A.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA CONSERVATION PAR LE FROID DES PLATS PRÉPARÉS

Soutenue le 11 Février 1974

devant la Commission d'Examen

Président	M.	J. KEILLING
Examinateurs	Melle	D. SIMATOS
	M.	V. CAUMARTIN

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Je tiens à présenter mes remerciements les plus sincères :

à Mademoiselle Denise SIMATOS, Professeur de Biologie Physico-Chimique à l'I.B.A.N.A., qui a bien voulu m'accueillir, me former et me guider,

àMonsieur Jean KEILLING, Professeur à l'I.N.A., Directeur de l'I.B.A.N.A., pour l'aide précieuse qu'il m'a toujours apportée,

à Monsieur Victor CAUMARTIN, Professeur de Microbiologie à l'I.B.A.N.A., pour ses conseils et l'intérêt qu'il a porté à mon travail,

à la Direction et au Personnel du Commissariat AIR-FRANCE qui m'ont accueilli à Orly,

au Personnel du Laboratoire de Bactériologie de l'I.N.A. qui a participé à cette étude.

S O M M A I R E

INTRODUCTION 1

1ère Partie : BASES ET METHODES D'ETUDE 7

1- Le plat préparé 7

2- Appréciation de ses qualités - bactériologiques 10

- organoleptiques 12

3- Dispositif expérimental de réfrigération 21

2ème Partie : ETUDE DES QUALITES ORGANOLEPTIQUES 29

4- Relation entre la qualité de l'aspect et la perte en eau 31

5- Débit de perte en eau 43

6- Autres altérations des qualités organoleptiques 57

7- Contrôle des qualités organoleptiques de plats réfrigérés 59

3ème Partie : ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE 70

4ème Partie : POSSIBILITES D'APPLICATION DU PROCEDE DE CONSERVATION 82

CONCLUSION 96

I N T R O D U C T I O N

I - Intérêt de la conservation des plats préparés

La possibilité de conserver les aliments a toujours été un important facteur de progrès sur le plan économique et au niveau du mode de vie de l'individu ou de la collectivité qui se trouvent libérés d'une partie des contraintes alimentaires.

Cela est particulièrement vrai dans le cas des plats préparés pour les collectivités :

- possibilité de stocker la marchandise et simplification de l'approvisionnement
- facilité pour l'établissement du menu et pour comptabiliser les rations
- simplification du travail en cuisine
- possibilité de servir des mets très élaborés
- réduction des pertes
- possibilité de fournir à toute heure le nombre de repas demandé.

L'utilisation des plats préparés conservés présente tout son intérêt lorsqu'il n'est pas possible de préparer les repas à proximité du lieu de consommation soit par impossibilité de s'approvisionner sur place, soit par manque de temps ou de matériel : c'est le cas de la restauration en vol, en mer, en camping, etc.

II - Techniques de conservation des plats préparés

L'appertisation et la surgélation sont couramment employées ; ces deux techniques ont pour effet d'empêcher le développement de la flore microbienne et, d'autre part, d'interrompre les échanges (vapeur d'eau, arômes, ...) entre le produit et le milieu extérieur grâce à un emballage imperméable.

Les durées de conservation varient de quelques semaines à plusieurs années selon la nature du produit et les conditions de traitement.

Les plats surgelés ou appertisés sont servis après une brève intervention en cuisine : le plus souvent il s'agit de retirer un emballage, de pratiquer un réchauffage, d'accomoder une sauce ou de disposer les denrées sur un plat.

Bien que chacune de ces techniques possède son propre domaine d'utilisation, elles s'appliquent plus spécialement aux plats préparés possédant, après emballage, une bonne conductibilité thermique : c'est le cas des plats comportant une phase liquide ou semi-liquide (viande en sauce).

Toutefois il n'est pas souhaitable d'utiliser ces techniques pour tous les plats préparés :

- soit parce que certaines denrées dont la texture est particulièrement fragile (laitue, tomate) ne supportent pas les températures de traitement
- soit parce que l'adhérence de l'emballage au produit entraîne une dépréciation de la présentation (mousse de foie gras, décors de sauce mayonnaise ou de crème Chantilly).

Ainsi de nombreux plats préparés, destinés à être servis froid, supportent difficilement de tels procédés de conservation ; la technique de réfrigération semble alors mieux adaptée -surtout lorsque les plats sont présentés en portions prêtes à la consommation- toutefois elle n'est utilisable que pour des conservations de courte durée.

III - Restauration à bord des avions

A de rares exceptions près, les repas servis en vol sont constitués de plats préparés au sol, seul le réchauffage est effectué à bord. Si simple soit-elle cette intervention demande un minimum de temps et d'équipement ; elle devient de plus en plus difficile à réaliser à bord des avions pour des raisons liées au nombre de passagers, à la durée du parcours et aux conditions de travail de l'équipage.

De ce fait, la plupart des compagnies aériennes suppriment progressivement les plats chauds du menu et les remplacent par des préparations froides qui ne demandent aucune intervention à bord, si ce n'est celle du service.

L'accroissement de la demande en plats préparés froids a conduit la Compagnie AIR-FRANCE, à envisager, dans le cadre des nouvelles installations de l'aéroport de Roissy en France, de conserver ces plats pendant 2 à 3 jours, afin de constituer des réserves utilisables aux périodes de pointe et ainsi, de régulariser la production.

La Compagnie AIR-FRANCE a demandé à l'I.B.A.N.A. d'étudier le comportement des plats préparés au cours du stockage à l'état réfrigéré afin de préciser les contraintes liées à l'utilisation industrielle du procédé. L'hypothèse de départ est une conservation simultanée de plateaux-repas dépourvus d'emballage unitaire et comportant plusieurs plats préparés de nature différente.

IV - Choix des conditions de conservation

On cherchera à stabiliser les qualités organoleptiques et bactériologiques car leurs altérations sont les plus rapides.

a) Stabilisation de la qualité bactériologique

Il est préférable d'accorder la priorité aux altérations bactériologiques car elles mettent en jeu la santé du consommateur.

Nous chercherons à ralentir le développement des germes en plaçant les denrées aux plus basses températures positives.

On peut songer à choisir une température très proche de 0°C (par exemple +0,5°C ou +1°C) mais cela nécessite un système de régulation thermique très sensible et très précis afin de ne pas congeler le produit ; un tel système est difficilement réalisable pour des installations industrielles de capacité élevée aussi on choisira une température légèrement supérieure.

Connaissant la température minimum de croissance des principaux germes responsables de l'empoisonement alimentaire (1) :

Staphylococcus aureus	:	6,7°C
Salmonella Sp.	:	6,7°C
Clostridium botulinum E	:	3,3°C

Nous pouvons estimer qu'une température de +3°C convient pour une conservation de courte durée ; une partie de cette étude sera consacrée à déterminer la vitesse de croissance des germes à cette température.

Il est également possible qu'une température plus élevée (par exemple +4°C) permette de stabiliser la qualité bactériologique de façon satisfaisante mais l'économie réalisée sur la dépense en frigories est faible et ne justifie pas, à priori, le risque d'augmenter la vitesse de multiplication des germes.

Outre la température, l'état d'hydratation du produit exerce une influence sur le développement bactérien. L'activité en eau optimum pour la plupart des bactéries se situe entre 0,995 et 0,990 mais l'activité en eau minimum varie selon les espèces : 0,94 pour les Salmonelles, 0,86 pour les Staphylocoques (24).

L'influence de l'activité de l'eau du substrat sur la croissance des bactéries a été essentiellement étudiée dans le cas de souches pures cultivées in vitro, et rien n'indique que ces résultats puissent être appliqués sans réserves aux colonies rencontrées dans les plats préparés. Les principaux genres de bactéries que l'on rencontre à la surface des aliments demandent des activités en eau voisines de la saturation, l'altération d'origine bactérienne peut, d'une manière générale, être évitée ou fortement retardée pour une activitée en eau voisine de 0,85 (27).

La plupart des plats préparés possèdent une activité en eau supérieure à 0,95 ; il serait donc souhaitable de les stocker en atmosphère désséchante de façon à diminuer leur activité en eau (au moins en surface) et ralentir, voire stopper, le développement des bactéries. Pour cela l'ambiance de conservation doit être fortement agitée et avoir une faible humidité relative.

b) Stabilisation des qualités organoleptiques

- aspect

Pratiquer une réfrigération à +3°C signifie la création d'un gradient de température entre le produit et la source froide ; cela entraîne fatalement un appel de vapeur d'eau vers la source froide et, par conséquent, des risques d'altération de l'aspect par dessiccation.

Pour prévenir et réduire les pertes en eau nous devons maintenir les plats préparés dans un état d'hydratation proche de l'état initial (ambiance peu agitée, humidité relative élevée) ce qui revient à accepter le risque d'une altération plus rapide de la qualité bactériologique.

- odeur aspect

Les mécanismes d'altération de l'odeur et de la saveur sont mal connus et, à priori, nous ne savons pas quelles peuvent être les conséquences de la réfrigération sur ces qualités. Toutefois on peut penser que la fréquence de renouvellement de l'atmosphère ou le voisinage de denrées différentes peuvent avoir un effet sur l'odeur ou la saveur des mets ; nous chercherons à déterminer l'évolution de ces qualités au cours de la conservation.

c) Choix de l'humidité relative et des conditions de ventilation

Etant donné que l'état d'hydratation du produit exerce une influence opposée sur la qualité bactériologique et l'aspect, pour déterminer l'humidité relative et les modalités de ventilation de l'ambiance de stockage il est nécessaire de connaître :

- d'une part l'état d'hydratation correspondant à la fois à une bonne qualité de l'aspect et à une faible vitesse de multiplication des germes, ou, à défaut, l'état d'hydratation réalisant le meilleur compromis,
- d'autre part, l'influence de l'humidité relative et de la ventilation sur le débit de perte en eau des plats préparés.

Les données bibliographiques ne permettent pas de donner une réponse satisfaisante à ces deux questions :

- soit parce qu'elles concernent des matières premières non préparées : fruits et légumes (2) (3) (4), poissons et crustacés (5) ou denrées d'origine carnée (4) (6) (7) pour lesquelles on recherche une conservation de longue durée. Dans ce cas la perte en eau est envisagée essentiellement du point de vue économique, elle représente une perte de valeur marchande ;

- soit parce qu'elles concernent des denrées emballées (8) (9) ou des produits soumis au séchage (10) (11), ces deux cas représentent les solutions extrêmes du problème que pose la conservation des plats préparés ;

- soit parce que l'application de leurs résultats nécessiterait la connaissance de paramètres tels que : le coefficient de diffusion (12), le coefficient d'évaporation (13), le coefficient de résistance (15) ..., qui peuvent être mesurés sur des échantillons homogènes, de formes géométriques simples, mais qui sont totalement inaccessibles dans le cas des plats préparés.

V - Plan de l'étude

Il existe des liens indéniables entre le comportement d'un produit lors d'une étape de conservation et ses propriétés initiales. L'utilisation d'un procédé de conservation suppose donc une parfaite définition des qualités initiales et des qualités finales que l'on désire obtenir.

Du point de vue de la qualité alimentaire, le problème général de la conservation peut se résumer sous la forme d'une équation algébrique simple :

Soit I la qualité initiale du produit
Soit -X la perte de qualité subie au cours des manipulations ou traitements précédant la conservation
Soit -Y la perte de qualité subie au cours de la conservation
Soit -Z la perte de qualité subie au cours de la distribution
Soit F la qualité finale telle que :

$$\underline{F = I - X - Y - Z}$$

Si y représente la perte moyenne de qualité au cours d'une journée de conservation et D la durée de conservation en jours, nous pouvons écrire

$$D = \frac{Y}{y}$$

soit

$$D = \frac{I - X - Z - F}{y} \qquad (1)$$

Nous consacrerons la première partie de cette étude à expliciter ce que nous entendons par qualité, à exposer les méthodes d'estimation utilisées et à décrire le dispositif expérimental de réfrigération.

La seconde et la troisième parties traiteront du comportement des plats préparés au cours de la conservation ; en d'autres termes, il s'agira essentiellement de déterminer y de l'équation (1) et d'étudier l'influence des paramètres de la conservation.

En fonction des données acquises, l'équation générale (1) sera discutée dans la quatrième partie ; nous examinerons quelques aspects de l'application industrielle de la réfrigération à la conservation des plats préparés.

P R E M I E R E   P A R T I E

B A S E S   E T   M E T H O D E S   D ' E T U D E

1 - LE PLAT PREPARE

1-1 Définition

Le terme "plat préparé" ou "plat cuisiné" désigne tout met ayant subi une préparation en cuisine et englobe la quasi totalité de nos aliments.

Dans la suite de cette étude, nous désignerons par plat préparé des mets froids placés dans des assiettes individuelles et prêts à être consommés ; ce qui exclue toute modification ultérieure de composition et de présentation.

Il s'agit essentiellement de plats garnis composés de plusieurs denrées de nature différente : les unes constituant "l'élément principal" et les autres dites "accompagnement" ou "décors". Le tableau 1-1 donne quelques exemples des différentes préparations que nous allons étudier.

Tableau 1-1 : Exemples de composition de quelques plats préparés typiques

Appellation	Eléments principaux	Accompagnement	Décor
Assiette de viande type DF 600	1 viande rouge ex : contrefilet de boeuf 1 viande blanche ex : veau	- 4 carottes grelot - 2 coeurs d'artichaut - haricots verts	persil laitue
Saumon froid Parisienne	Saumon glacé (enrobage de gélatine)	Macédoine de légumes	1/4 tomate 1/4 oeuf dur 1 tranche de citron 1 champignon de mayonnaise laitue
Foie gras sur canapé	1 tranche de foie gras, mi-cuit, glacé	1 tranche de pain de mie quelques noisettes décortiquées	laitue
Mini-pâtisseries	Eclair (crême pâtissière) Tartelette confiture Mirliton (fond de tarte, crème de marron, enrobage chocolat)		sucre glace

1-2 Qualités du plat préparé

Le plat préparé est donc un assemblage de plusieurs denrées alimentaires choisies transformées et présentées de façon à satisfaire le consommateur. On distingue classiquement trois types de qualités alimentaires : organoleptiques, nutritives et hygiéniques, correspondant chacune à un motif de satisfaction.

1-21 Qualités organoleptiques

Avant de consommer le dégustateur juge l'aliment à son aspect et à son odeur ; cette "première impression" intervient dans la décision, consciente ou non, de consommer. Une déception à cet instant perturbe le bon déroulement de la dégustation et risque d'orienter définitivement l'avis du dégustateur.

Pendant le repas l'excitation des papilles gustatives et des organes olfactifs conduisent le dégustateur à apprécier ce que l'on appelle communément le goût des aliments (*).

A ce stade la première impression est modifiée dans un sens favorable ou défavorable.

Après le repas, le souvenir des qualités organoleptiques peut jouer un grand rôle dans la mesure où il est associé au nom d'une entreprise, les services commerciaux n'en doutent pas : tel passager satisfait cherchera à consommer un repas du même type et deviendra un client fidèle.

1-22 Qualités nutritives

L'effet premier de l'alimentation est de procurer en justes quantités et qualités les substances nutritives nécessaires à l'activité biologique.

Le passager est peu sensible aux qualités nutritives des aliments servis à bord car il s'agit de repas occasionels, par contre, le personnel de bord y attache plus d'importance car la consommation répétée des mêmes produits peut éventuellement entraîner un déséquilibre de la ration alimentaire.

1-23 Qualités hygiéniques

Ces qualités se définissent négativement, c'est-à-dire, par rapport à l'absence d'insatisfaction : un produit possède une bonne qualité hygiénique s'il ne présente aucun danger pour le consommateur, ce qui suppose l'absence d'éléments toxiques ou pathogènes : que ce soient des substances chimiques ou des micro-organismes.

1-3 Choix des qualités à étudier

Chacune des qualités est susceptible d'évoluer au cours de la conservation et nous pourrions définir pour chacune d'elles une durée de conservation correspondant à la période précédant son altération. Toutefois notre but est de connaître la "qualité limitante", c'est-à-dire celle dont l'altération est la première à entraîner le refus du plat.

(*) Le goût d'un aliment correspond en fait à sa saveur ressentie par les papilles gustatives et à son arôme ressentie par les terminaisons olfactives ; certains auteurs appellent flaveur : l'ensemble de ces sensations.

Pour cette raison il ne semble pas nécessaire d'étudier l'évolution des qualités nutritives, pas plus que les qualités hygiéniques se rapportant à la toxicité par produits chimiques. Sans doute la décision de ne pas étudier ces qualités entraîne le risque de méconnaître certaines altérations cachées mais ce risque est d'autant plus faible que la durée de conservation est brève.

Par contre nous étudierons l'évolution de la qualité bactériologique car, même aux températures de réfrigération, on peut craindre un développement rapide des germes. Nous étudierons donc la vitesse de croissance moyenne en dénombrant les germes totaux aérobies, ainsi que la vitesse de croissance de germes plus aptes à incommoder le dégustateur (germes indologènes, producteurs d'hydrogène sulfuré et coliformes) qui peuvent présenter une vitesse de croissance supérieure à la moyenne et, de ce fait, constituer un "facteur limitant" de la durée de conservation.

L'étude des qualités organoleptiques sera également entreprise car leurs altérations peuvent apparaître rapidement ; pour cela nous serons amenés à mettre au point des tests organoleptiques appliqués aux plats préparés.

2 - APPRECIATION DES QUALITES

2-1 Qualité bactériologique

2-11 Technique

Les échantillons à analyser sont placés aussitôt après prélèvement dans des bocaux refroidis à 0°C dans un bain eau-glace, ils sont immédiatement transportés au Laboratoire (durée : 1 heure).

Sur chaque échantillon on prélève 20 grammes de produit que l'on place dans 200 cc d'eau peptonée à température ambiante : on opère par petites prises successives à la pince et aux ciseaux afin de réduire le produit en morceaux de petite taille. On agite vivement et on laisse reposer 20 minutes avant de pratiquer les dilutions.

Pour chaque échantillon on pratique :

- une numération des germes totaux après culture de 3 jours à 20°C sur gelose nutritive
- la recherche des germes coliformes après culture de 3 jours à 30°C sur milieux au vert brillant
- la recherche des germes indologènes par le réactif d'Erlich KOVACS après 3 jours de culture en eau peptonée à +30°C
- la recherche des germes producteur d'H_2S par culture en eau peptonée à +30°C en présence d'un papier imprégné d'un sel de plomb.

2-12 Résultats

Les numérations sont rapportées au gramme de produit initial, nous utiliserons fréquemment le logarithme du nombre de germes par gramme.

Pour exprimer un accroissement du nombre de germes nous utiliserons "l'accroissement logarithmique" qui est le logarithme du facteur de multiplication.

Si N1 est le nombre de germes par gramme à l'instant t1
et N2 le nombre de germes par gramme à l'instant t2
tel que N2 > N1 ; le facteur de multiplication est égal à : $\frac{N2}{N1}$

l'accroissement logarithmique est égal à log N2 - log N1.

Nous utiliserons surtout l'accroissement logarithmique journalier.

2-13 Limite maximum du nombre de germes

Nos analyses ne permettent pas à elles seules de garantir l'inocuité des aliments ; en particulier, une faible teneur en germes totaux ne signifie pas forcément une bonne qualité bactériologique car les germes dangereux (Staphylocoques, Clostridium) se développent plus rapidement en l'absence d'autres colonies.

Toutefois il est nécessaire que nous fixions une limite maximum du nombre de germes tolérable dans les plats préparés à l'instant de la consommation.

En l'absence de réglementation -et bien que la définition d'une telle limite ait une signification réduite dans la mesure où elle doit s'appliquer à des produits de nature différente- nous avons cherché à situer ce nombre maximum à partir de données bibliographiques.

ELLIOTT et MICHENER (1) mentionnent des tolérances en germes totaux de :

10.000 pour les jambons en boîte
100.000 à 500.000 pour les plats préparés surgelés et les légumes
100.000 à 1 million pour les poissons et crustacés
50.000 à 1 million pour les crèmes glacées.

Le nombre le plus fréquemment cité est 100.000 germes/g qu'il s'agisse de produits crus ou cuits.

Les aliments suspectés d'avoir incommodé le consommateur contiennent presque toujours plus de 1 million de germes/g et très souvent plus de 10 millions. D'autre part, nous avons remarqué que des denrées présentant une odeur putride renfermaient plus de 2 millions de germes/g et entre 1.000 et 10.000 coliformes, indologènes et producteurs d'H_2S.

En fonction de ces données nous pouvons estimer que la qualité bactériologique d'un plat préparé est acceptable lorsqu'il renferme moins de 100.000 germes/g et moins de 100 indologènes, coliformes et producteurs d'H_2S (soit 300 au total).

2-2 Qualités organoleptiques

Les qualités organoleptiques sont subjectives et varient selon les dégustateurs et les conditions de dégustation. S'il est difficile de mesurer les qualités absolues d'un plat car il n'existe pas d'étalon de mesure, du moins peut-on en estimer les variations relatives grâce au test organoleptique.

L'absence de qualité étalon et de dégustateur type imposent d'aborder l'étude des qualités organoleptiques d'un point de vue statistique en recherchant, à tous les niveaux, la signification et la confiance que l'on peut accorder aux résultats.

2-21 Définition du test

Le test organoleptique que nous avons choisi est résumé sur la feuille de dégustation (tableau n° 1-2), il consiste à chiffrer les qualités du plat dans son ensemble et les qualités de chaque constituant en se réferrant à une échelle de notation arbitraire (tableau n° 1-3). Cette cotation s'effectue à la suite sur 2 plats du même type mais d'âges différents. Notre test est donc à la fois un test comparatif et un test de cotation numérique.

Tableau n° 1-3 : échelle de notation

Qualité supérieure	Excellent	9
	Très bon	8
	Bon	7
Qualité moyenne	Assez bon	6
	Acceptable	5
	Quelconque	4
Qualité inférieure	Douteux	3
	Mauvais	2
	Très mauvais	1

2-22 Choix du jury

Au niveau de l'interprétation statistique, le nombre de dégustateurs doit être maximum pour obtenir la meilleure précision ; pour des raisons pratiques nous avons limité à 5 le nombre des dégustateurs.

Nous avons choisi un jury qui soit, en principe, plus sensible que la moyenne : trois spécialistes en cuisine et deux "profanes".

G

APA

Essai n° : 25 bis
Nature du plat :
Date : 18/12/70

Tableau n° 1-2 : FEUILLE DE DEGUSTATION

	Plat n° 21		Plat n° 1	
	J_0''		J_2	
1. I PRESSION GENERALE				
L question qui suit a pour but de connaître v tre première réaction				
S riez-vous prêts à manger ce plat en toute c nfiance ?	OUI	NON	OUI	ON
N tes l'aspect général du plat		6		8
2. A PECT				
N tez l'aspect des divers éléments sans t nir compte de leur disposition.				
E face de chaque note, vous pouvez justifier b ièvement votre décision (x : couleur, sec, terne, etc...)	Veau	8		8
	Ragoût	5		8
	Tomates	8		7
	Artichauts	7		7
R marques: Ragoût : Viande un peu noire sur le plat 21				
3. O EUR				
N tez l'odeur générale du plat		7		7
odeur forte				
odeur moyenne				
odeur peu sensible	X		X	
T ouvez-vous des odeurs étrangères :	OUI	NON	OUI	ON
R marques: ..				
4. G UT				
N tez le goût des divers éléments. E face de chaque note, vous pouvez justifier b ièvement votre décision (x : fade, aigre, acide, peu de goût, rance e c...) et le cas échéant, faire des remarques s r la consistance des denrées.	Veau	8		6
	Ragoût	7		8
	Tomates	7		5
	Artichauts	7		6
R marques: ...				
5. C NCLUSIONS				
A votre avis, peut-on servir ces plats aux p ssagers (touristes)	OUI	NON	OUI	ON
S NON, que doit-on améliorer				

2-23 Les conditions de dégustation

Le jury se réunit au complet trois fois par semaine à 11 heures du matin dans la même salle. Bien qu'il ne soit pas possible d'isoler chaque dégustateur, les séances se déroulent en silence.

Les plats destinés à l'examen organoleptique sont placés à température ambiante une heure avant la dégustation afin que les parfums se développent de façon égale pour tous les plats.

L'assiette du jour et la préparation conservée sont présentées en même temps ; chacune porte un numéro d'identification codé.

La dégustation ne dure pas plus de 10 minutes lorsque le jury est bien entraîné. Après la remise des fiches une brève discussion permet de préciser certains points mais à aucun moment le jury n'est informé sur l'identité des plats qu'il vient de déguster ou qu'il a dégustés les jours précédents.

2-24 Connaissance du jury

Il est nécessaire de connaître le comportement du jury pour pouvoir apprécier les résultats des tests.

a) note moyenne : chaque membre du jury note en fonction de critères qui lui sont propres ; si l'on classe les dégustateurs d'après leur note moyenne (notation d'une qualité donnée de différents produits), on retrouve souvent les classements ABCDE et ABECD, A donne toujours les notes les plus basses.

Dégustateurs	A	B	C	D	E	moyenne du jury
moyenne de 43 notes du goût	5,2	5,9	5,9	6,2	6,4	5,9

b) Répartition des notes - Ecart type

La répartition des notes autour de la moyenne, représentée sur la figure n° 1-4, est du type Gaussien, au moins lorsque la gamme de plats dégustés est homogène (plats fraichement préparés).

On peut caractériser chaque dégustateur par l'écart type de la série de notes qu'il fournit (pour une qualité donnée de produits variés).

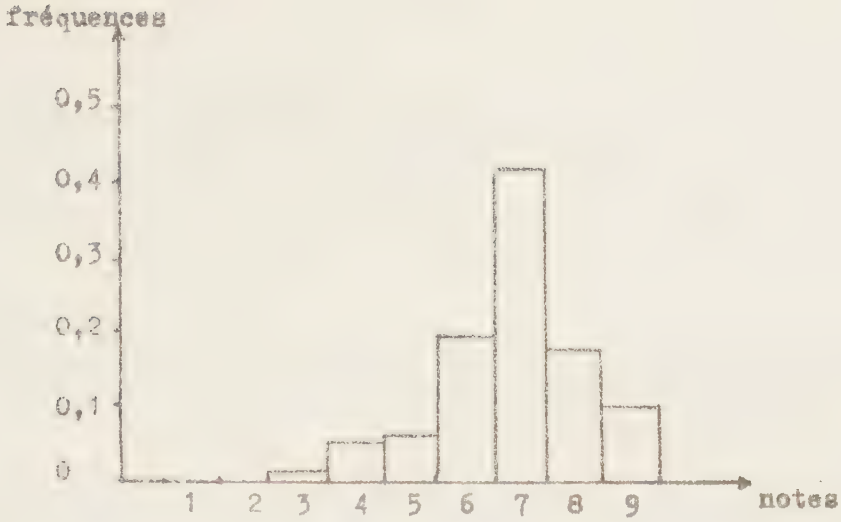


Figure n° 1-4 : Diagramme des fréquences de notation du goût des plats frais (185 notes)

Dégustateur	A	B	C	D	E
moyenne de 43 notes de l'aspect	6,4	6,7	7,3	7,5	6,9
ecart type	1,3	1,2	0,9	0,8	0,7

On remarque que l'écart type du dégustateur E est deux fois plus faible que l'écart type de A ; on peut supposer que E est moins sensible que A, à moins qu'il n'interprète l'échelle de notation d'une manière différente.

c) Fidélité du jury

Dans les mêmes conditions, et pour une même gamme de plats, le jury fournit des notes qui ne diffèrent pas significativement : nous pouvons le vérifier en comparant les notes moyennes du goût obtenues pour deux séries de 43 plats frais, l'une préparée et dégustée le lundi, l'autre le mardi.

Dégustateur	A	B	C	D	E	moyenne jury
moyenne des 43 notes du goût Lundi	6,1	6,8	7,0	7,4	6,8	6,8
Mardi	6,2	6,7	7,0	7,2	7,0	6,8

Ces résultats nous ont permis de vérifier à la fois la fidélité du jury et l'identité des préparations réalisées à 24 heures d'intervalle ; ce dernier point est important car nous pouvons considérer que les qualités du plat frais sont constantes ; elles peuvent servir de référence.

d) Sensibilité du jury

Pour des raisons pratiques nous ne chercherons pas à définir la sensibilité du jury car cette opération nous conduirait à soumettre chaque dégustateur à un grand nombre de tests portant sur des denrées étalons.

Nous nous contenterons de comparer les écarts de notation entre une série de 43 plats frais et une deuxième série de 43 plats identiques conservés depuis 3 jours.

Dégustateur	A	B	C	D	E	moyenne jury
moyenne des notes du goût plat frais	6,2	6,7	7,0	7,2	7,0	6,8
plat conservé depuis 3 jours	4,9	5,9	6,0	6,0	6,4	5,8
différence	1,3	0,8	1,0	1,2	0,6	1,0

Mis à part le dégustateur E (profane) le jury perçoit une baisse significative de qualité.

Il est intéressant de constater que les trois spécialistes A, C et D distinguent de manière plus nette une modification de qualité ; il se trouve également que B, C et E sont fumeurs ce qui pourrait expliquer pourquoi A et D perçoivent mieux une évolution du goût.

Le jury est hétérogène, par conséquent nous pouvons estimer qu'un nouveau dégustateur, ne faisant pas partie du jury, a peu de chances de remarquer un défaut qui n'ait été signalé par l'un, au moins, des membres du jury ; d'autre part, il y a de grandes chances pour que ses notations se situent dans l'intervalle de notation du jury.

2-25 Définition d'une note minimum

De même que nous avons défini une qualité bactériologique minimum, nous devons rechercher la note correspondant aux qualités organoleptiques minimum.

Précisons bien qu'une telle note varie selon les consommateurs par conséquent la note minimum n'est valable que pour le jury de dégustation que nous avons défini ou pour tout autre groupe de consommateurs dont les caractéristiques de moyenne et d'écart type seraient identiques.

Pour mieux connaître l'avis des dégustateurs, nous avons inclus deux questions dans la feuille de dégustation :

l'une au début : Seriez-vous prêt à manger ce plat en toute confiance ?

l'autre à la fin : A votre avis peut-on servir ce plat au passagers "touriste"?

Dans le cas d'une réponse négative nous dirons qu'il y a refus du plat.

Pour déterminer une note minimum nous avons cherché une relation entre le nombre de refus et les notes inscrites aux autres paragraphes de la feuille de dégustation. Pour plus de sureté nous avons choisi d'estimer la note minimum N de 2 façons.

a) Relation entre la note de l'aspect général du plat et le nombre de refus

Si on étudie les résultats de 40 séances de dégustation (soit 200 feuilles de dégustation ou encore 400 plats dégustés) on enregistre 61 refus, qui se répartissent de la façon suivante :

Note de l'aspect général	Nombre de notes	Nombre de refus	% de refus
9	12	0	0
8	65	3	5
7	154	8	5
6	90	7	8
5	44	12	27
4	22	18	82
3	13	13	100
2	0	0	
1	0	0	

On constate une forte diminution du pourcentage de refus entre les notes 4 et 5 de l'aspect général. Si nous traçons, sur le graphique n° 1-5 une verticale d'abcisse 4,5 correspondant à l'abcisse du point d'inflexion de la courbe, la partie gauche de la courbe représente des plats refusés pour une nette altération de l'aspect alors que les plats de la partie droite sont refusés soit pour un détail de l'aspect soit pour l'odeur le goût ou la consistance (la note d'aspect général étant relativement bonne).

La première estimation de la note minimum est de 4,5, elle correspond à un refus d'environ 50 % des plats.

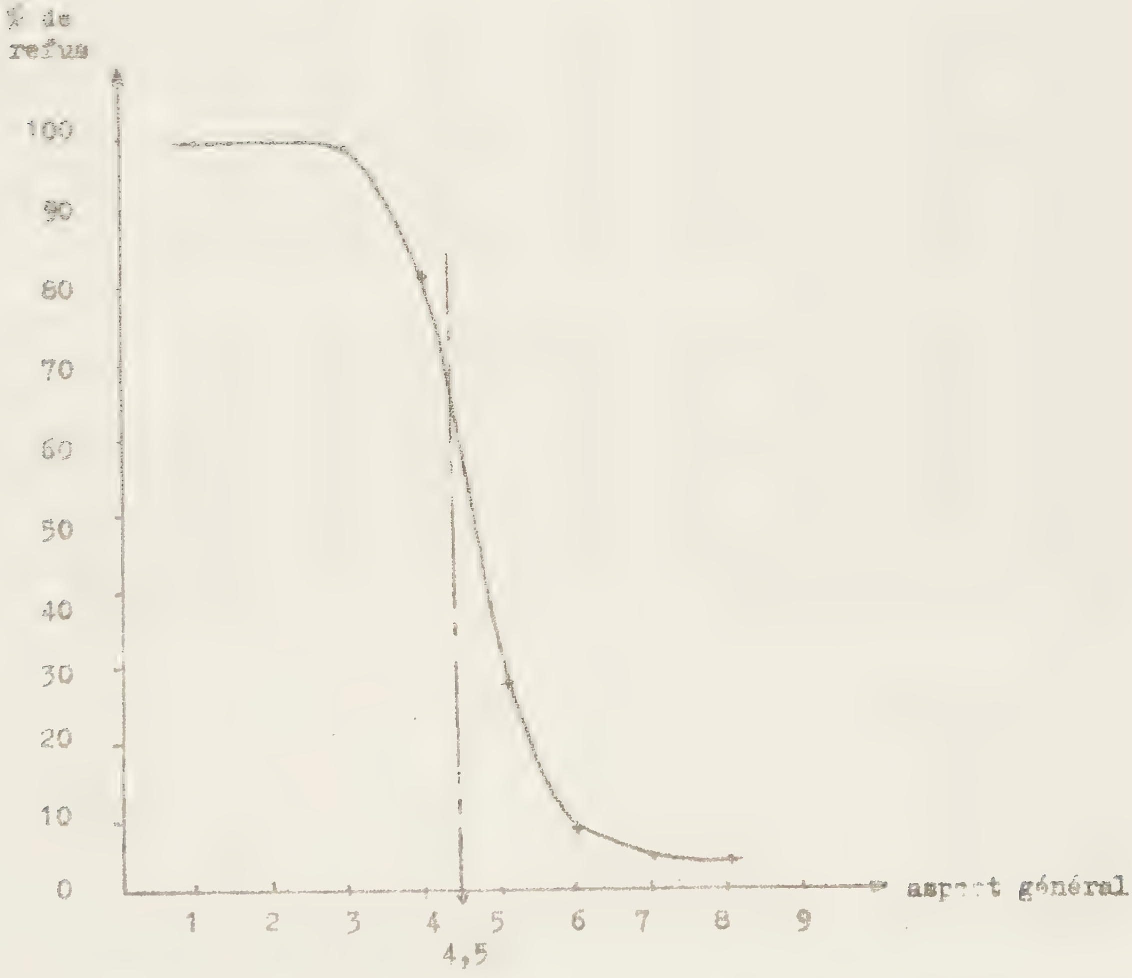
La note minimum ainsi estimée s'applique donc essentiellement à une qualité de l'ensemble du plat ; elle constitue un point de repère mais ne signifie nullement que toute note inférieure à 4,5 entraîne obligatoirement le refus du plat, surtout s'il s'agit d'un accompagnement ou d'un décor.

Les résultats des tests de dégustation montre que le plat est refusé :

- systématiquement, lorsqu'un des constituants obtient une note inférieure à 3, quel que soit ce constituant et quelles que soient les notes des autres constituants.

- systématiquement lorsque l'élément principal obtient une note égale à 3.
- rarement lorsque la note 3 est attribuée à un élément de décor, et que l'élément principal a une note supérieure ou égale à 6,5.
- quelquefois lorsque deux éléments du même plat obtiennent les notes 4 et 5.

On peut penser que la qualité globale du plat est liée à la qualité particulière de chacune des denrées qui le compose par une relation ayant une structure de moyenne pondérée : ainsi, dans le cas de l'aspect, la note de l'aspect général serait égale à la moyenne des notes de chacun des constituants pondérées par leur surface respective (ou un autre paramètre).



<u>Figure n° 1-5</u> : Variations du pourcentage de refus en fonction des notes de l'aspect général

Tableau n° 1-6

TABLE DE LA FONCTION INTEGRALE
DE LA LOI DE LAPLACE-GAUSS

Probabilité d'une valeur inférieure à t

t	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7290	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9779	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986

Table pour les grandes valeurs de t

t	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0	4,5
$\Pi(t)$	0,99865	0,99904	0,99931	0,99952	0,99966	0,99976	0,999841	0,999928	0,999968	0,999997

NOTA - La table donne les valeurs de $\Pi(t)$ pour t positif. Lorsque t est négatif il faut prendre le complément à l'unité de la valeur lue dans la table.

Exemple. pour t = 1,37 $\Pi(t)$ = 0,9147
pour t = - 1,37 $\Pi(t)$ = 0,0853

b) Relation entre le nombre de refus et les notes du goût et de l'aspect

Nous avons cherché à déterminer la note minimum acceptable pour chaque dégustateur en mettant en relation le pourcentage de refus, la moyenne de 80 notes du goût et de l'aspect particuliers des composants d'un plat, et l'écart type du dégustateur.

Nous avons choisi l'écart type obtenu pour des plats conservés et non pour des plats frais car les refus concernent essentiellement les plats conservés (plus de 85 % des refus).

En estimant que les notes de chaque dégustateur sont réparties selon une loi de LAPLACE-GAUSS et en partant du fait que les plats refusés sont ceux dont les notes sont les plus basses, nous pouvons déterminer N à partir de la relation :

$$N = M - \quad t$$

N = note minimum recherchée
M = moyenne de la série des notes de l'aspect et du goût fournies par un dégustateur
= écart type de la série
X = pourcentage de refus du dégustateur = $\frac{\text{nombre de refus}}{\text{nombre de notes}} \times 100$

(représenté par la surface hachurée de la figure n° 1-6)

t = nombre d'écart type correspondant à (100-X)% de la masse des notes du dégustateur (lu directement sur la table de la fonction intégrale de la loi de LAPLACE-GAUSS - tableau n° 1-6).

Dégustateur	A	B	C	D	E
X = % de refus enregistré sur 80 dégustations	27,5	18,5	11,3	11,3	7,5
M moyenne	5,22	5,71	6,08	6,32	6,42
	1,80	1,43	1,65	1,43	1,05
		Moyenne	4,4		

La deuxième estimation de la note minimum est 4,4 la note minimum varie donc entre 4 et 5, nous pouvons la fixer à 4,5.

3 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE REFRIGERATION

Nous avons utilisé une chambre froide conçue pour maintenir les plats préparés à +3°C sous différentes conditions d'humidité relative et de ventilation.

3-01 L'enceinte (figure n° 1-7)

L'enceinte est un parallélépipède en acier inox (180 x 56 x 62) ; l'isolation est réalisée avec des dalles de polystyrène expansé de 5 cm d'épaisseur, recouvertes d'une enveloppe de polyethylène.

Après arrêt de la source de froid et de la ventilation, la température de l'air intérieur (chambre vide) passe de +3°C

à + 10°C en 1 heure
+ 15,5°C en 3 heures
+ 18°C en 5 heures, pour une température extérieure de +19,5°C.

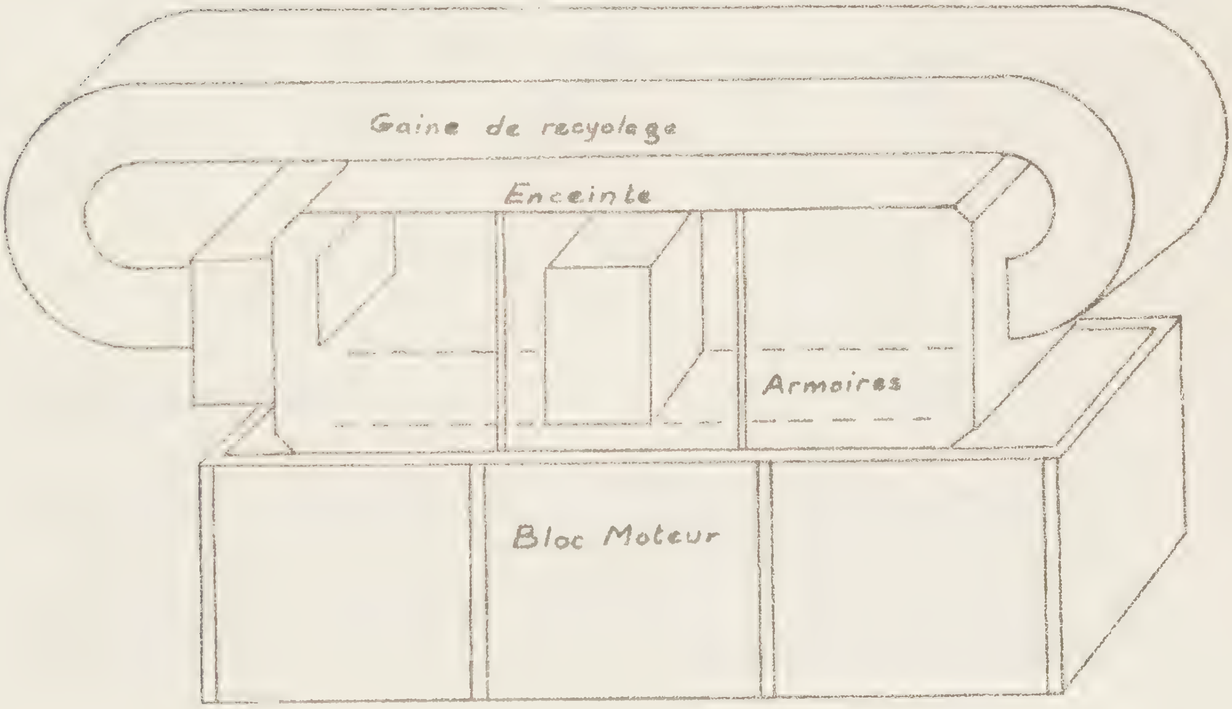


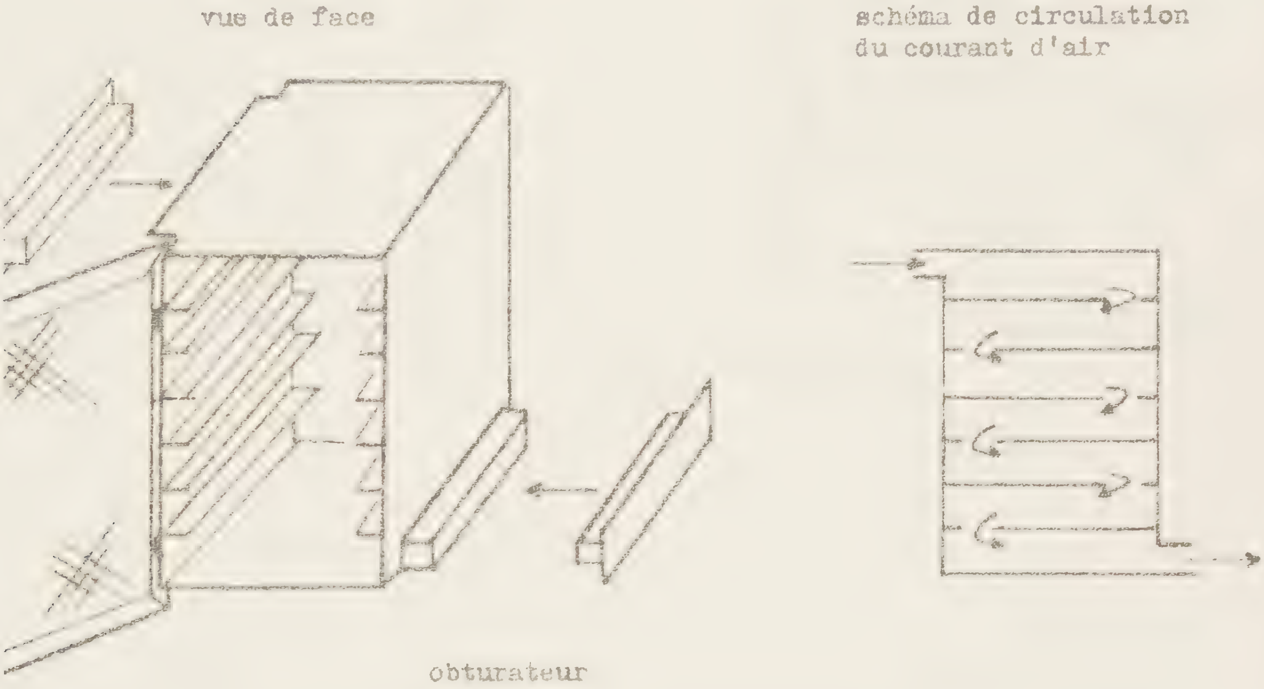
Figure n° 1-7 : Schéma général de l'installation

3-02 Les armoires

Les armoires sont en aluminium, chacune peut recevoir 7 plateaux repas. Dans chaque plateau on a ménagé une fente (30 x 4) destinée à la libre circulation de l'air ; les plateaux sont disposés de telle façon que le courant d'air, les balaye de façon identique (figure n° 1-8). La ventilation des armoires peut être assurée de deux façons :

- soit par mise en communication avec l'atmosphère de l'enceinte
- soit par branchement d'une conduite d'air comprimé.

Figure n° 1-8 : Armoire Comodiprest modifiée



3-1 Source de froid

Dans la plupart des installations, les machines frigorifiques ont un fonctionnement intermittent, ce qui entraîne des variations cycliques de température au niveau de la source froide située dans l'enceinte de conservation. Ces variations favorisent les transferts de vapeur d'eau en direction de l'évaporateur frigorifique, d'où la dessiccation des produits ou la formation de givre à la surface des produits surgelés et emballés (16).

Pour éviter cet inconvénient, nous évitons de placer l'évaporateur directement dans la chambre, et nous choisissons un système ayant une grande inertie frigorifique.

L'installation comprend (figure n° 1-9) :

- un compresseur hermétique de 900 k cal/h, fonctionnant au fréon 2…
- un serpentin évaporateur placé dans une cuve contenant 60 litres d'un mélange glycol-eau (30-70%) qui constitue un medium intermédiaire
- une pompe permanente qui assure la circulation du medium de la cuve à la chambre (et vice versa)
- un échangeur à ailettes (9 m^2) situé à une extrémité de la chambre.

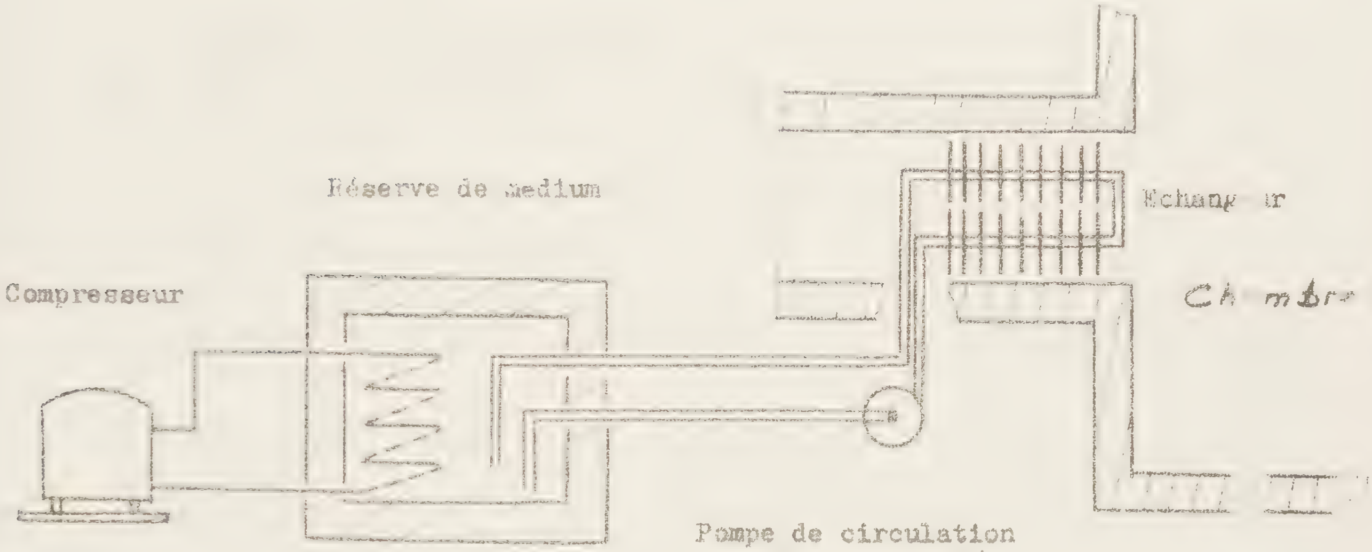


Figure n° 1-9 : Schéma du circuit frigorifique

La régulation de la température est assurée par un bulbe placé dans la cuve contenant le médium, dans ces conditions l'apport de frigories à l'échangeur est pratiquement constant, la température de la chambre diminue constamment et atteint une température d'équilibre. Lorsque la température du médium est de -10°C dans la cuve et de -8°C à l'entrée de l'échangeur, la température de l'air de la chambre atteint +4°C après 2 heures de fonctionnement, et +3°C après 4 heures ; par la suite la température peut varier de 0,2°C en 10 heures.

3-2 Ventilation

On caractérise les mouvements du courant d'air par :

- le coefficient de brassage, égal au rapport du volume d'air brassé par les ventilateurs en une heure, au volume de la chambre vide
- le taux de renouvellement égal au volume d'air extérieur introduit dans la chambre en une heure rapporté au volume de la chambre vide
- la vitesse linéaire en mètre par seconde - ou en cm/s.

3-21 Ventilation de la chambre

La circulation de l'air dans l'enceinte a pour but essentiel de faciliter les échanges thermiques et de maintenir les différentes armoires dans des conditions identiques.

On a donc intérêt à choisir des coefficients de brassage élevés, sans, toutefois, que cela entraîne un dégagement de chaleur excessif. LEBLOND et PAULIN (17) recommandent un coefficient de 120 ; ROSSE et MYER (19) ont choisi un coefficient de 720 pour conditionner le tabac, ce qui correspond, pour notre enceinte de 0,62 m^3, à un débit de 446 m^3/h.

Vu l'inertie du système frigorifique employé, nous avons utilisé un ventilateur débitant, sans résistance, 560 m^3/h ; le coefficient de brassage obtenu est voisin de 600 (débit réel : 380 m^3/h). La vitesse linéaire varie entre 20 et 50 cm/s selon le volume de la charge.

3-22 Ventilation des armoires

Lorsque les armoires sont en communication avec la chambre, leur atmosphère est renouvelée toutes les 2 minutes, ce qui correspond à une vitesse linéaire de l'ordre de 2 cm/s.

Le second mode de fonctionnement consiste dans l'interruption des communications avec la chambre et la mise en route du système de régulation de l'humidité relative ; on obtient alors un taux de renouvellement égal à 3 et une vitesse linéaire du courant d'air de l'ordre de 0,2 cm/s.

Le dispositif nous permet donc de placer les plats préparés dans différentes conditions de ventilation, on pourra utiliser des courants d'air de vitesses linéaires voisines de 30 cm/s, 2 cm/s, 0,2 cm/s ou nulles.

3-3 Régulation de l'humidité relative

Le principe repose sur une variation, à température constante, de la pression partielle en vapeur d'eau d'un mélange air-vapeur d'eau. A l'état initial l'air est saturé en vapeur d'eau mais ne contient pas de gouttelettes liquides ; la pression partielle en vapeur d'eau, p est égale à la pression de vapeur saturante po ; la pression totale du système est P1.

L'humidité relative est égale à $\varphi = \frac{p}{po} = 1$

On détent ce mélange à température constante.

A l'état final, la pression totale P2 est égale à kP1 ($k \leqslant 1$) de même, p = k ps . L'humidité relative est

$$\varphi = \frac{p}{po} = k = \frac{P2}{P1}$$

Par conséquent nous pouvons obtenir l'humidité relative désirée en choisissant correctement les valeurs de P2 et P1.

Nous avons choisi P2 = pression atmosphérique
P1 = P2 + surpression s

Les différentes valeurs de φ en fonction de s sont données par le tableau suivant.

	H = 760	1,033
φ	s en mm Hg	en g/cm²
0.95	49	54
0.94	48	66
0.93	57	78
0.92	66	90
0.91	75	102
0.90	84	115
0.89	94	128
0.88	104	141
0.87	113	154
0.86	124	168
0.85	134	182
0.84	145	197
0.83	156	212
0.82	167	227
0.81	178	242
0.80	190	258
0.79	202	275
0.78	214	291
0.77	227	309
0.76	240	326
0.75	253	344

Le système de régulation comprend d'amont en aval (figure 1-10) :

. un piège d'aspiration
L'air doit être asséché afin d'éviter les condensations d'eau dans les canalisations et les détendeurs ; pour cela, on dispose deux évaporateurs frigorifiques au niveau de l'admission d'air, l'un fonctionne à +2°C, le second parfait l'assèchement à -10°C.

. un compresseur
L'air est porté à une pression de 3 kg/cm² (déclenchement automatique à 2,8 kg/cm² et arrêt du compresseur à 3,2 kg/cm²

. un réservoir

Le réservoir (100 litres) a pour effet d'amortir les variations de pressions dues au fonctionnement intermittent du compresseur et de permettre la poursuite des opérations pendant le dégivrage du piège.

. un manodétendeur primaire

La pression est réduite de 3 kg/cm² à 1 kg/cm². A ce niveau la canalisation pénètre à l'intérieur de la chambre et se divise en 4 branches identiques.

. batterie de saturateurs

La saturation de l'air comprimé est obtenue par bullage à travers deux flacons remplis d'eau et munis à la base d'un disque en verre fritté ; la saturation est achevée par passage dans une cartouche contenant de la laine de verre imbibée d'eau.

. détendeurs secondaires

La pression avant détente est réglée à l'aide d'un robinet pointeau classique. On lit la pression sur un manomètre à mercure (précision + 1 mn) placé en aval.

. détente finale

L'air comprimé est conduit à l'armoire par un tuyau flexible à l'extrémité duquel on place un tube capillaire en verre.
Les variations de débit en fonction de la pression n'étant pas linéaires pour un capillaire donné, nous avons utilisé une gamme de tubes capillaires étalonnés pour un débit de 108 litres/heure (ce qui correspond à un taux de renouvellement de 3).

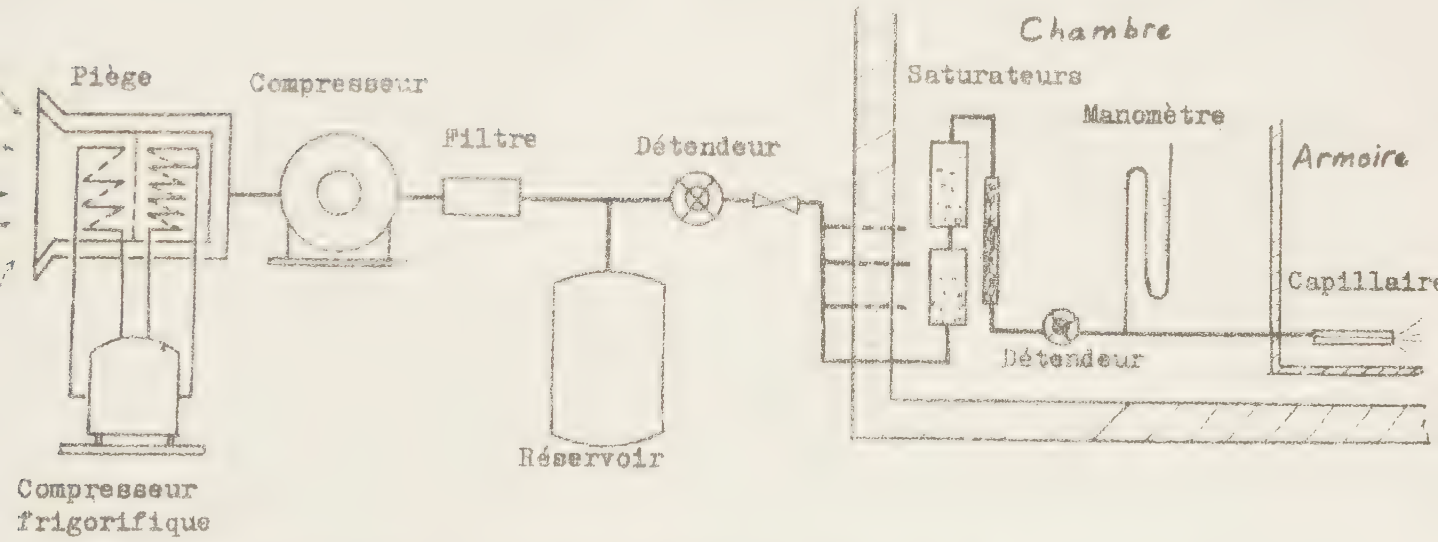


Figure n° 1- 9 : Schéma du système de régulation de l'humidité relative

3-4 Instrument de mesure

3-41 Mesure des températures

Les températures sont mesurées et enregistrées grâce à des thermocouples reliés à un potentiomètre à 6 voies. (± 0,2 °C)

3-42 Mesure de l'humidité relative

α) Psychromètre à aspiration (HAENNI)

Le psychromètre est constitué de deux thermomètres à mercure gradués en 1/10ème de degré C, l'un est dit humide car le réservoir est gainé de laine humidifiée. L'air est pulsé par une turbine de manière identique sur les 2 thermomètres (30 litres/mn) il s'ensuit une différence de température entre le thermomètre sec et le thermomètre humide. Une table psychométrique permet de lire directement l'Humidité relative de l'atmosphère étudiée.

La précision des mesures diminue lorsque la température de l'air diminue et lorsque son humidité relative augmente, à +3°C, des humidités relatives comprises entre 0,80 et 0,90 sont mesurées avec une précision de ± 1 %.

Les mesures psychrométriques demandent de multiples précautions car une erreur de 0,1°C entraîne, à +3°C et pour φ compris entre 80 et 90, une erreur de 1,5 unité HR ; dans ces conditions nous avons procédé à 3 mesures successives, chaque opération dure 20 minutes ce qui limite considérablement le nombre des mesures et exclue la possibilité d'un contrôle permanent.

β) Estimation de l'humidité relative au moyen de sels minéraux

Pour ces raisons nous avons utilisé une méthode moins précise mais plus facile à mettre en oeuvre pour contrôler l'humidité relative de l'ambiance de conservation(20).

On sait que pour tout produit inerte il existe une humidité relative de l'atmosphère pour laquelle les échanges d'eau, entre produit et atmosphère sont annulés ; cette humidité relative est appelée humidité relative d'équilibre (EHR).

Le principe de la méthode consiste à imprégner de différents sels minéraux des bandelettes de papier que l'on place dans l'atmosphère étudiée ; après quelques heures d'exposition (toujours moins de 20) le plus souvent 3 à 4 heures) certaines bandelettes restent sèches, d'autres se sont humidifiées ; connaissant l'humidité relative d'équilibre des sels utilisés on peut évaluer l'humidité relative de l'atmosphère et ceci avec d'autant plus de précision que le nombre de sels est élevé. Nous avons utilisé les sels suivants :

SEL	EHR (%)	t (°C)
nitrate de potassium	97,6	0 (a)
chlorure de baryum	92,5	20
citrate de sodium	91,5	20
sulfate de zinc	90,5	20
chromate de potassium	86,0	25
sulfate d'ammonium	81,7	0 (a)
chlorure de sodium	74,9	0 (a)
acétate de sodium	74,8	0

(a) WEXLER et HASEGAWA

Si une humidification donne l'assurance que l'humidité relative de l'atmosphère est supérieure à l'EHR du sel humidifié, un défaut d'humidification ne signifie pas forcément le contraire car il se peut que le temps d'humidification soit très long ; par conséquent cette méthode permet de situer un niveau minimum de l'humidité relative.

Malgré ses imperfections cette technique a été utilisée comme moyen de contrôle.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DES QUALITES ORGANOLEPTIQUES

Dans la mesure où les qualités organoleptiques évoluent à des vitesses différentes au cours de la réfrigération, nous sommes amenés à les étudier séparément et à subdiviser notre étude en plusieurs chapitres.

Dans un premier temps nous analysons le comportement des plats soumis à la réfrigération et nous déterminons la qualité limitante, c'est-à-dire celle dont l'altération apparaît la première. Par la suite, nous étudions le mécanisme d'altération de cette qualité en examinant l'influence respective des différents facteurs de la conservation (qualité du produit et paramètres de l'ambiance de stockage). Cette première étude nous permet de choisir les conditions de conservation les plus appropriées.

Le second temps est consacré à la mise en oeuvre du procédé de conservation ainsi défini ; il s'agit d'une étape de contrôle au cours de laquelle nous examinons l'ensemble des qualités organoleptiques des plats conservés. Ce deuxième temps nous permet :

- de vérifier l'efficacité du procédé sur la vitesse d'altération de la qualité limitante,
- de mettre en évidence les altérations des autres qualités qui, jusqu'à présent apparaissaient comme étant de moindre importance,
- de déterminer la durée de conservation des qualités organoleptiques des différents plats.

A - <u>1er temps</u> : Etude de l'altération de l'aspect dû à la dessiccation

Les 15 premiers essais de conservation ont porté sur 151 lots, de 2 à 4 assiettes chacun, que nous avons placés sous différentes conditions d'humidité et de ventilation. La répartition des lots est la suivante :

viandes	56
poissons	24
légumes	46
pâtisseries	8
divers	17

Dans plus de 85 % des cas la première altération observée concerne l'aspect et dans 70 % des cas cette altération est essentiellement due à la dessiccation : disparition du brillant, assombrissement des couleurs, flétrissement de la surface,... L'aspect constitue donc la qualité limitante, nous allons étudier le mécanisme de son altération.

Les autres altérations sont dûes à une humidification (pâtisseries), à la coloration de la gelée de glaçage (viandes rouges), au rancissement des matières grasses (mousse de foie gras) ... ; elles concernent des produits particuliers et seront envisagées ultérieurement (§ 6).

Après 4 jours de conservation, on constate que, parmi les plats ayant perdu moins de 4 % d'eau (*), 61 % ont un aspect acceptable ; par contre, lorsque la perte en eau est supérieure à 10 %, seul 5 % des plats conservent un aspect acceptable.

Tableau n° 2-1 : Répartition des plats selon leur perte en eau après 4 jours de conservation (temps J4).

perte en eau à J4 en %	nombre de plats concernés	plats dont l'aspect est acceptable nombre	%
- de 2	66	40	61
de 2 à 4	22	14	63
de 4 à 7	36	10	28
de 7 à 10	17	4	23
de 10 à 15	18	0	- de 5

Les résultats obtenus montrent l'incompatibilité entre une bonne qualité de l'aspect et une perte en eau élevée (supérieure à 10 %). On ne peut donc pas prétendre conserver les plats préparés sans limiter leur perte en eau, pour celà nous allons étudier les 2 facteurs principaux qui influencent la durée de conservation :

1°) La perte en eau tolérable : c'est-à-dire la quantité d'eau que peut céder une denrée sans que son aspect soit altéré,

2°) Le débit de perte en eau que subit cette denrée.

(*) Le pourcentage de perte en eau est exprimé par rapport au poids initial avant conservation.

4 - RELATION ENTRE LA QUALITE DE L'ASPECT ET LA PERTE EN EAU

Pour préciser la relation existant entre le départ de l'eau et l'évolution de l'aspect, nous allons chercher à déterminer les pertes en eau :

A correspondant à l'apparition de la première altération marquée
B correspondant à la limite de consommation
C correspondant au refus absolu du plat

Pour cela les plats sont placés en ambiance desséchante (courant d'air de 50 cm/s), on note régulièrement leur poids et la qualité de leur aspect.

4-01 Premier exemple de résultat : tomates tronçonnées (tranches séparées et disposées à plat)

En mettant en parallèle la perte en eau et l'avis du dégustateur, on peut estimer que la première altération marquante correspond à une perte A de 4 %, la limite de consommation à une perte B de 15 % et que le produit n'est plus consommable (C) au delà de 21 %.

A, B, C sont des points de repère arbitraires que nous pouvons situer sur une courbe (figure n° 2-3) indiquant l'évolution de l'aspect en fonction de la perte en eau ; cette courbe est établie à partir des résultats inscrits au tableau n° 2-2.

Tableau n° 2-2 : Qualité de l'aspect en fonction de la perte en eau

Observations	Aspect	Perte en eau
aspect brillant	Très bien	inférieure à 1 %
très légère dessiccation périphérique, disparition de l'aspect brillant	Bien	1 à 3 %
disparition générale de l'aspect brillant affaissement de la gelée englobant les pépins	Moyen	3 à 10 %
contours sombres	Douteux	10 à 21 %
peau flétrie	Mauvais	supérieure à 21 %

Le point A est intermédiaire entre les qualités "Bien" et "Moyen", B correspond à la qualité "Douteux" et C à la qualité "Mauvais".

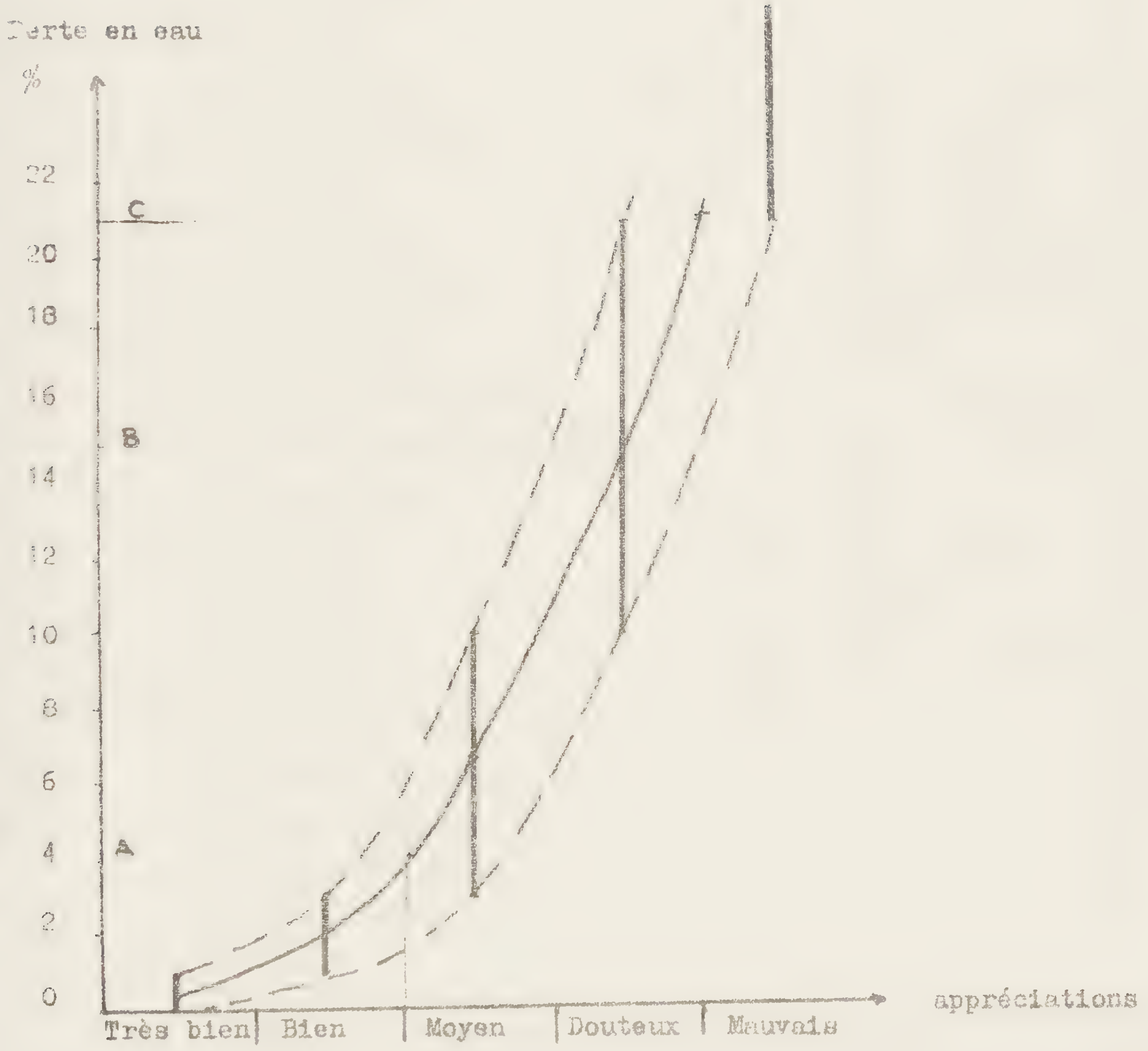


Figure n° 2-3 : Appréciations de l'aspect de tomates tranchées pour diverses valeurs de la perte en eau (tranches disposées à plat).

4-02 Résultats

En procédant de la même façon pour plusieurs denrées conservées séparément nous obtenons les résultats suivants.

Produit	Pertes en eau			
	A		B	C
	%	mg/cm²	%	%
Veau	3	17	9	17
Veau glacé	8	68	20	26
Contrefilet de boeuf	3	26	10	15
Contrefilet glacé	5	67	13	20
Saumon	4	30	15	19
Saumon glacé	7	77	26	
Poulet (cuisse)	2	15-25*	15	
Poulet glacé	3	33-43*	16	
Roulé de volaille	2	20	15	
Roulé glacé	3	40	16	
Jambon cuit	5	19	22	31
Salami	5	29	13	17
Macédoine de légumes	4	20-30*	11	16
Laitue	10	4-14*	32	42
Carottes appertisées	5	37	23	31
Salsifis appertisés	6	42	13	20
Tomates tranchées		23		
Tomates glacées	13	118		
Oeuf cuit dur (quartiers)	3	37		

* pour ces produits l'estimation de la surface est moins précise ; outre les erreurs communes à tous les résultats, l'erreur commise est [illegible] plus grande et nous amène à indiquer un intervalle de valeurs.

D'une manière générale la perte A :

- est supérieure à 40 mg/cm^2 pour les viandes glacées
- est comprise entre 15 et 30 mg/cm^2 pour des viandes non glacées
- est comprise entre 20 et 40 mg/cm^2 pour les légumes

Dans ce tableau (§ 4-02) certains résultats sont exprimés non seulement en pourcentage, mais en mg/cm². Ces deux types d'expressions ne sont pas identiques : - la première se rapporte au poids initial, on l'utilise généralement lorsque la perte en eau s'identifie à une perte de valeur marchande, or ce n'est pas le cas ici,

- la seconde se rapporte à la surface de dessiccation, elle met en évidence l'importance de la géométrie des denrées (laitue) et de leur disposition dans l'assiette comme nous allons le voir dans l'exemple n° 2.

<u>4-03 Deuxième exemple</u> : tomates tranchées (tranches juxtaposées les unes aux autres)

1er exemple
tranches de tomates
déposées à plat

2ème exemple
tranches juxtaposées
inclinées

En opérant de la même façon que dans l'exemple n° 1, nous obtenons les résultats suivants :

Observations	Aspect	Perte en eau
Disparition de l'aspect brillant à la périphérie	Bien	inférieure à 1,5 %
Disparition générale de l'aspect brillant sur la partie visible de la chair	Moyen	de 1,5 à 4 %
Assombrissement des contours	Douteux	de 4 à 7 %
Flétrissement de la partie supérieure de la tranche	Mauvais	supérieur à 7 %

A l'aide du graphique obtenu à partir de ces données (figure n° 2-4) on détermine :

A' = 2 %
B' = 5,5 %
C' = 7 %

Ces valeurs sont inférieures aux valeurs ABC obtenues dans le 1er exemple, or il s'agit de la même denrée, seule la disposition des tranches varie.

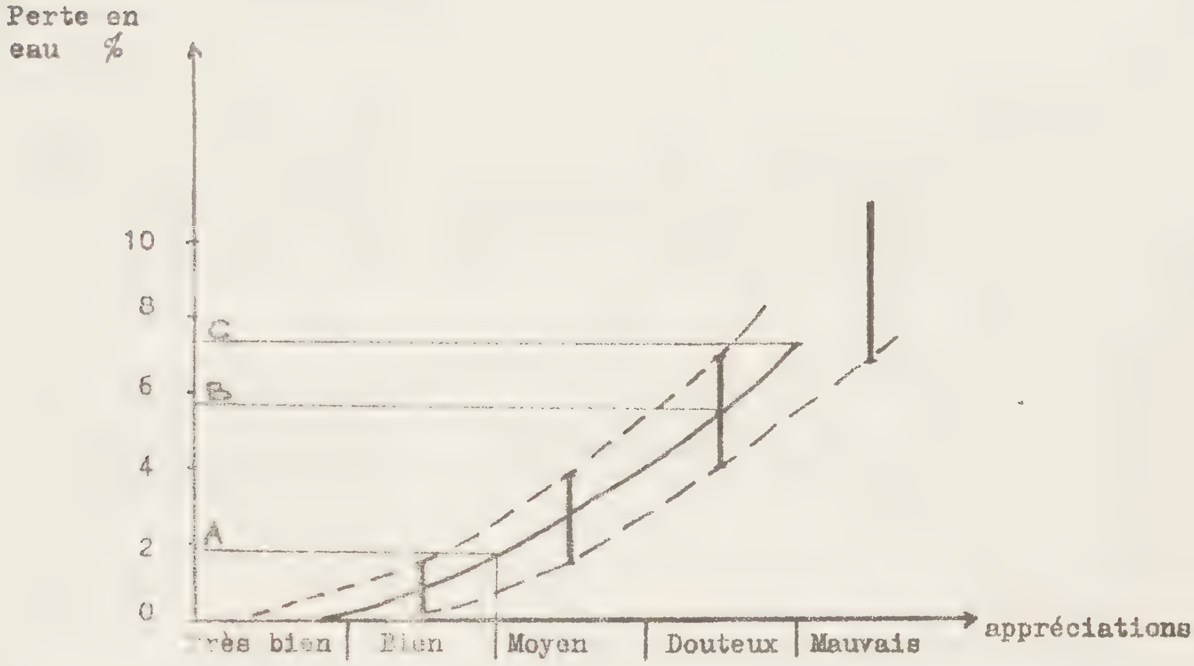


Figure n° 2 - 4 : Appréciations de l'aspect de tomates tranchées (tranches juxtaposées inclinées) pour diverses valeurs de la perte en eau.

Ces écarts s'expliquent par le fait que la dessiccation est un phénomène de surface proportionnel à l'aire d'échange entre l'atmosphère et le produit ; par conséquent la comparaison de deux pertes en eau, exprimées en pourcentage par rapport au poids initial n'a de signification que lorsque les échantillons ont le même rapport :

$$\frac{\text{surface d'échange}}{\text{poids}}$$

On peut assimiler la tomate à une sphère, et calculer la surface d'échange en déduisant de la surface visible la surface protégée par le cuticule ; si on rapporte la perte en eau à la surface d'échange on obtient deux nouvelles valeurs de A et A' très voisines.

	Poids en g	Surface d'échange en cm²	Perte en eau correspondant à la première altération en %	en mg/cm²
1er exemple	[illegible]	[illegible]	A [illegible]	24
2ème exemple	[illegible]	[illegible]	A' [illegible]	21

Bien entendu, rien ne nous permet d'affirmer que l'aire de dessiccation calculée correspond à l'aire de dessiccation effective, d'autre part, la tomate n'est pas une sphère parfaite et nous commettons des erreurs d'appréciation de la surface de l'ordre de ± 5 %. Nous pouvons estimer que l'erreur commise dans la détermination de A est de ± 10 % ; A est donc compris entre 20 et 28 mg/cm² ; A' entre 16 et 26 mg/cm².

4-04 Troisième exemple

En opérant avec des tomates tranchées disposées à plat (comme dans l'exemple n° 1) et recouvertes de gélatine, nous obtenons :

A" = 13 % (figure n° 2-5)
ou encore A" = 118 mg/cm² (100-136).

Observations	Aspect	Perte en eau
Aspect brillant	Très bien	inférieure à 4 %
Aspect mat de la gelée mais aspect de fraîcheur	Bien	4 à 11 %
Bords, légèrement soulignés amorce de déshydratation	Moyen	11 à 26 %
Assombrissement des contours début de plissement	Douteux	supérieure à 26 %

On voit que le glaçage permet de maintenir les qualités de l'aspect malgré une dessiccation importante

A = 24 mg/cm²
A" = 118 mg/cm²

Cela est dû au fait que la gélatine peut perdre un pourcentage important de son eau sans que son aspect soit altéré ; d'autre part, la présence de gélatine met en valeur l'aspect de la tomate et masque les altérations

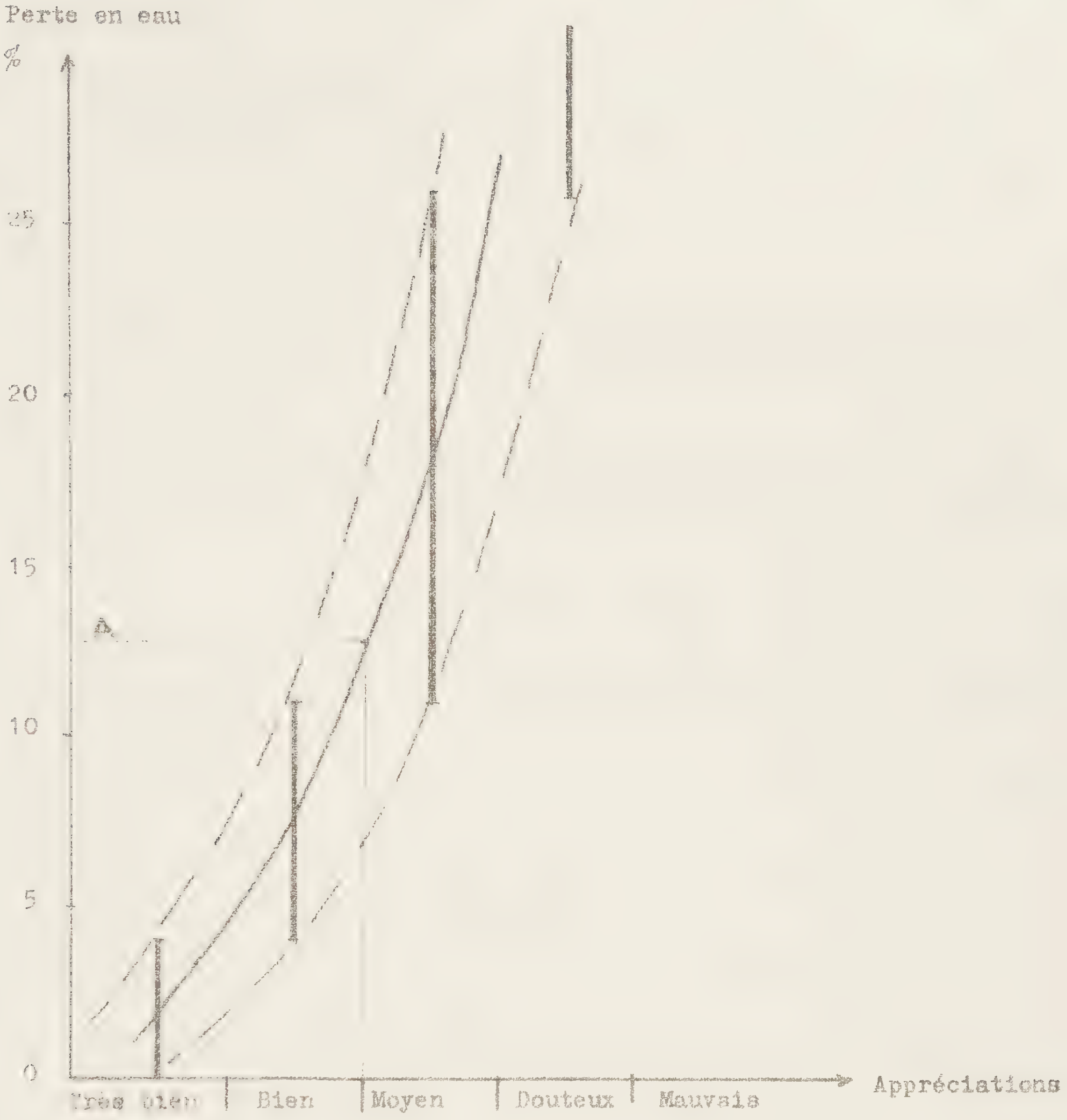


Figure n° 2-5 : Appréciations de l'aspect de tomates tranchées enrobées de gélatine

4-1 Cas des plats préparés

Jusqu'à présent nous avons précisé la relation entre l'aspect et la perte en eau en déterminant la perte en eau tolérable A pour des denrées isolées, or nous voudrions connaître cette relation dans le cas des plats préparés constitués de plusieurs denrées différentes.

Dans ce cas, il ne s'agit plus d'examiner l'aspect particulier de chaque constituant, mais d'apprécier la valeur de l'aspect général du plat. On sait (cf. § [illegible]) que l'aspect général dépend de l'aspect particulier des constituants mais on ne connait pas la relation exacte qui les lie.

Nous allons donc déterminer la valeur A de deux façons :

1) en recherchant quelle devrait être la valeur de A à partir des résultats obtenus pour chacun des aliments pris séparément; pour celà nous estimerons que l'aspect général est altéré lorsqu'un seul constituant du plat est altéré, ce qui revient à assimiler le plat au constituant ayant la plus faible perte en eau tolérable.

Par exemple, si le plat préparé comporte de la laitue, la perte maximum A sera de 9 mg/cm² ce qui correspond, pour l'ensemble du plat de poids P et de surface S, à une perte en eau égale à :

$$A\,1 = \frac{9 \times S \text{ (en cm}^2\text{)}}{P \text{ (en g)}} \times \frac{100}{1000}$$

2) en appréciant directement l'aspect général du plat, ce qui nous fournira une valeur A 2

Exemple 1

Soit un lot de 6 plats de composition suivante :

- 1 tranche langue écarlate non glacée
- 1 tranche fricandeau veau non glacée
- 3 carottes grelot
- 4 olives vertes
- 2 coeurs d'artichaut au naturel

de poids moyen 130 g et de surface comprise entre 140 et 160 cm².

Tableau n° 2-5

Observations	Pertes en eau
[illegible]	1,2 [illegible]
Pas très frais mais acceptable, veau un peu gris	2,1 % = 18 mg/cm²

Si l'on calcule A à partir de l'élément dont la perte en eau tolérable est la plus faible (le veau : 17 mg/cm²) nous obtenons une valeur A1 = 1,96 % comprise entre les deux valeurs inscrites au tableau n° 2-5 et proche de la seconde 2,1 %, donc proche de A2.

Exemple 2

Soit un lot de 8 assiettes de Saumon froid Parisienne :

- Saumon glacé
- Macédoine mayonnaise
- Mayonnaise
- 1/4 oeuf cuit dur
- 1/4 tomate

de poids moyen 139 g et de surface 95 cm^2 (assiette de 95 cm^2 entièrement recouverte d'aliments).

Le calcul de A1, à partir de la perte tolérable de la tomate (23 mg/cm^2) donne A1 = 1,49 %.

L'aspect obtient la mention :

"Bien" pour une perte moyenne de 0,8 %
"Manque de fraîcheur, tomate légèrement désséchée" pour une perte moyenne de 1,9 %.

A1 est également compris entre les deux pertes en eau précédantes mais reste nettement inférieur à A2 (1,9 %).

Exemple 3

Soit un lot d'assiettes de crudités comprenant :

- une dizaine d'asperges de petit calibre
- une tomate tranchée en rondelles
- 5 coeurs d'artichauts
- un quartier de citron
- un fond de laitue

de poids moyen 204 g et de surface 190 cm^2 (assiette de 190 cm^2 recouverte d'aliments).

Calculé à partir de la laitue (9 mg/cm^2), on obtient A1 = 0,84 %
à partir de la tomate (23 mg/cm^2) on obtient A2 = 2,14 %

Les résultats des examens du plat sont les suivants :

Tableau n° 2-6

Observations	Perte en eau
Bien	1,6 %
Mat. début de dessiccation	3,8%= 41 mg/cm^2
Manque de fraîcheur	7,2 %

A1 est donc très inférieur à A2, on peut admettre que l'aspect de la laitue n'intervient pas (ou très peu) dans l'aspect général du plat parce qu'elle est masquée par les autres denrées.

A1 se situe entre les deux premières valeurs du tableau n° 2-6, mais reste très inférieur à A2 (3,8 %).

Ce dernier exemple montre que la perte en eau tolérée par le plat préparé est supérieur à la perte tolérée par l'élément le plus fragile, pour une même surface de dessiccation. Ce fait peut s'expliquer de plusieurs façons :

1) Le dégustateur est plus sensible à l'altération d'un produit isolé qu'à celle d'un ensemble de produits car, dans la seconde situation l'examen de l'aspect est moins approfondi et l'harmonie de la présentation masque les imperfections particulières.

2) L'aspect général du plat est surtout lié à la qualité de l'élément principal ; si on tolère l'altération d'un accompagnement (exemple 2 et 3) ; on admet plus difficilement une altération de l'élément principal ; ainsi, lorsque ce dernier est le constituant le plus fragile (exemple 1) la différence entre A1 et A2 est faible.

3) La vitesse de dessiccation des différentes denrées n'est pas identique. Supposons un plat constitué de 2 denrées X et Y, pour lesquelles on a déterminé des valeurs Ax = 10 mg/cm^2 et Ay = 30 mg/cm^2.

- Si X et Y ont des vitesses de dessiccation identiques, l'aspect du plat sera altéré pour une perte en eau A2 = A1 = Ax = 10 mg/cm^2

- Si par contre, Y se dessèche deux fois plus vite que X, lorsque X aura perdu 10 mg/cm^2, Y aura perdu 20 mg/cm^2 et, si ces deux constituants sont en quantités égales, la valeur Az sera de 15 mg/cm^2.

Ainsi dans l'exemple 3 il est clair que la laitue (A1 = 9 mg/cm^2) se dessèche moins vite que le reste du plat car Az a une valeur très supérieure (41 mg/cm^2).

Dans l'exemple 1, on peut estimer que la vitesse de dessiccation du veau est égale à celle des autres composants réunis car Az (18 mg/cm^2) est voisin de A1 (17 mg/cm^2).

4-2 Estimation de la perte en eau tolérable pour l'ensemble des plats préparés

Nous désirons conserver simultanément les différents plats préparés, il serait donc intéressant de déterminer parmi eux quel est celui dont l'aspect est le plus fragile ; la possibilité de conserver ce plat entraînant à fortiori la possibilité de conserver tous les autres.

Si dans des conditions de conservations identiques, toutes les denrées se déshydrataient à la même vitesse le plat le plus fragile serait celui qui contient de la laitue dont la perte en eau tolérable est la plus faible (9 mg/cm²). Dans ce cas sachant que le rapport S/10 P est voisin de 0,09 pour la majorité des plats, nous pouvons déduire une estimation de la perte en eau tolérable pour l'ensemble des plats préparés :

$$A1 = 9 \times 0,09 = 0,8 \%$$

A1 = 0,8 %.

Ce résultat est critiquable pour deux raisons :

1) Nous avons vu (exemple 3) que la laitue est souvent masquée par les autres produits, de ce fait, elle influence de moindre façon l'aspect général du plat et peut difficilement servir de référence.

2) Parmi les produits ayant une perte en eau tolérable A supérieure à celle de la laitue, on peut supposer qu'il en existe un ou plusieurs qui se déshydratent plus rapidement, à tel point que leur perte en eau atteindra la valeur A avant que la laitue n'ait perdu 9 mg/cm^2.

Par conséquent, nous devons choisir, pour base de notre estimation :

- une denrée qui constitue l'élément principal du plat
- la denrée dont l'aspect est altéré le premier

Pour cela nous sommes amenés à anticiper sur le chapitre traitant du débit de perte en eau et à présenter un tableau (n° 2-1) permettant de comparer les débits de perte en eau respectifs des denrées étudiées.

En classant les produits d'après la durée de conservation précédant la première altération de l'aspect on constate que le veau remplit les deux conditions précédentes et peut être considéré comme étant la denrée la plus fragile.

Tableau n° 2-7 : Durée de conservation de l'aspect de denrées entreposés en réfrigérateur ménager (+4°C)

Produit	Perte en eau à l'altération en mg/cm^2	Durée de conservation en jour
Salsifis	42	1,3
Saumon glacé	77	1,2
Poulet glacé	38	1,0
Salami	29	1,0
Veau glacé	68	1,0
Contrefilet glacé	67	0,9
Saumon	30	0,9
Carottes appertisées	37	0,8
Poulet	20	0,6
Roulé de volaille glacé	40	0,6
Macédoine de légumes	25	0,6
Laitue	9	0,5
Tomates tranchées juxtaposées	23	0,5
Contrefilet	26	0,4
Roulé de volaille	20	0,4
Jambon de Paris	19	0,4
Veau	17	0,3

La perte en eau tolérable pour l'ensemble des plats préparés est donc égale à 17 × 0,09 = 1,5 %

A1 = 1,5 %

D'une manière générale il est donc souhaitable que la perte en eau des plats préparés ne dépasse pas 1,5 %, dans l'hypothèse d'une conservation de 3 jours cela signifie que le débit moyen de perte en eau reste inférieur à 0,5 % par jour.

5 - DEBIT DE PERTE EN EAU

Le débit de perte en eau varie en fonction des caractéristiques de l'atmosphère d'entreposage (φ , ventilation) et des caractéristiques du produit (surface d'échange, forme, texture, EHR ...) ; bien que certains auteurs (12) (13) (14) (15) aient étudié l'influence d'un ou plusieurs de ces paramètres sur le débit de perte en eau, nous avons vu (cf.§ IV) que leurs résultats étaient difficilement applicables aux plats préparés.

5-1 Variation du débit de perte en eau au cours de la dessiccation

5-11 Cas de l'eau (figure n° 2-8)

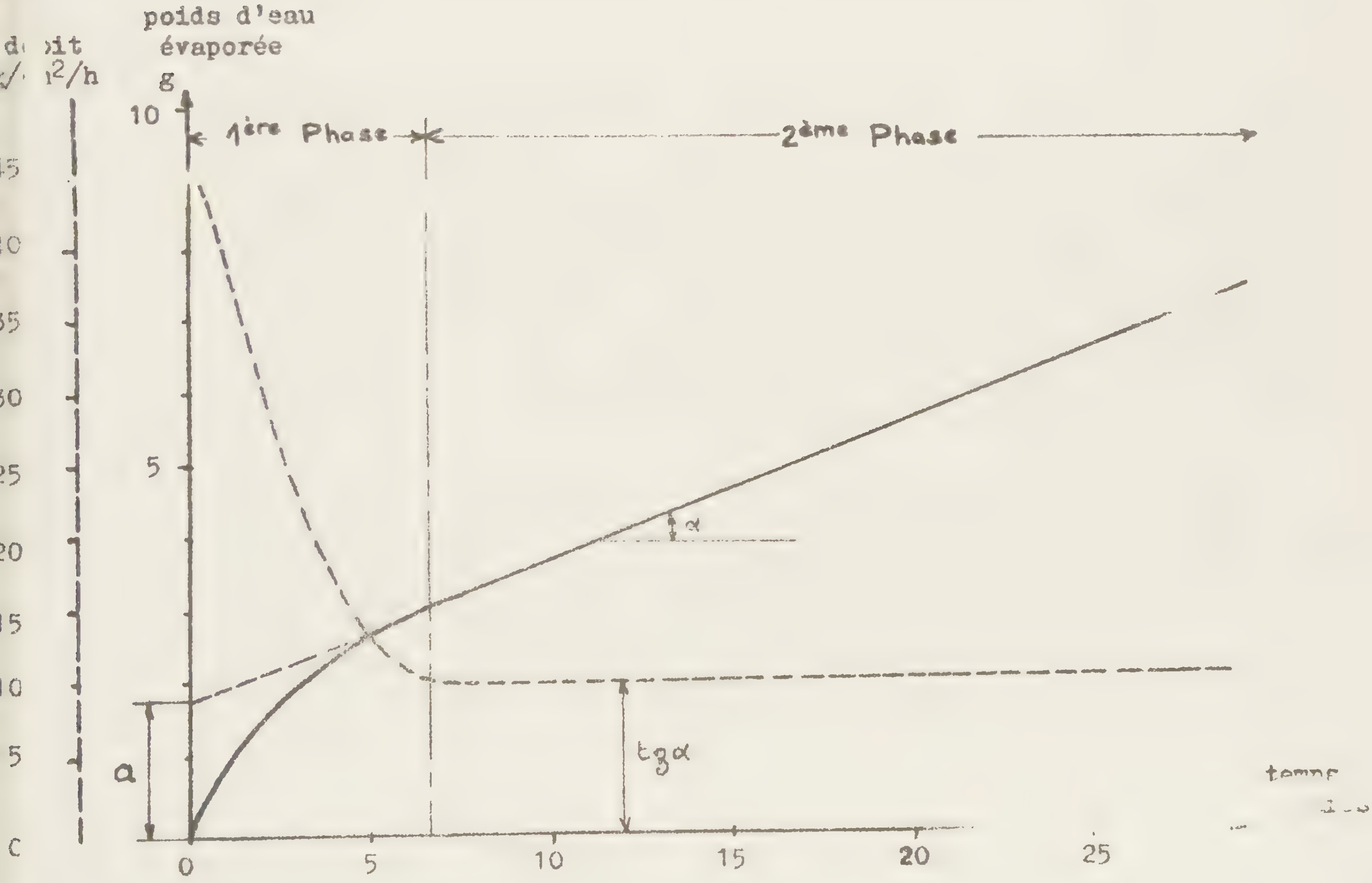


Figure n° 2-8 : Evaporation de l'eau (+3°C ; φ = 0,90 ; v = 20 cm/1)

en trait plein : quantité d'eau extraite
en pointillé : débit de perte en eau

Des assiettes contenant de l'eau sont placées à +5°C dans un courant d'air d'humidité φ = 0,90 et de vitesse 30 cm/s. La courbe de dessiccation (évolution de la perte en eau dans le temps) et la courbe de débit peuvent être divisées en deux parties :

- la première partie correspond à la descente en température : le produit cède des calories à l'atmosphère et il s'établit un transfert d'eau de même sens : le débit atteint immédiatement une valeur maximum puis diminue au fur et à mesure que les températures s'équilibrent.

- la seconde partie est une phase de dessiccation à débit constant, elle correspond à une stabilisation des phénomènes de transfert. Les caractéristiques hygrométriques de l'atmosphère et du produit sont constantes en un point donné, il y a équilibre dynamique.

Si on prolonge la droite correspondant à la deuxième partie, l'ordonnée a à l'origine correspond à la perte en eau liée au refroidissement : si α est le coefficient angulaire de cette droite, tg α correspond au débit de perte en eau en régime permanent, aussi égale à l'ordonnée du palier de la courbe de débit.

5-12 Cas des aliments (figure n° 2-9 et 2-10)

Des tranches de veau sont placées en atmosphère asséchante (réfrigérateur ménager +4°C), la courbe de dessiccation est comparable à celle de l'eau, toutefois la deuxième partie est moins strictement linéaire et elle est suivie d'une phase de décroissance du débit (3ème partie). Contrairement au cas de l'eau, certaines caractéristiques du produit (répartition de l'eau, HR) varient au cours de la dessiccation et entraînent des variations du débit de perte en eau. Pour le veau, la phase de dessiccation linéaire prend fin après une perte de 10 g, ce qui correspond à une teneur en eau de 31 % (exprimé par rapport au poids frais initial).

Les courbes de dessiccation ne sont pas toutes identiques à celle du veau ; dans le cas de la laitue et du salami, on n'observe pas de phase linéaire bien marquée, par contre, le saumon se déshydrate à vitesse constante. Les allures différentes des courbes de dessiccation montrent que les mécanismes du transfert d'eau varient selon la nature du produit. Les différences de débit sont liées, en particulier aux mouvements de l'eau à l'intérieur du produit et aux degrés de liaison des molécules d'eau aux molécules du produit (caractérisés par l'isotherme d'adsorption).

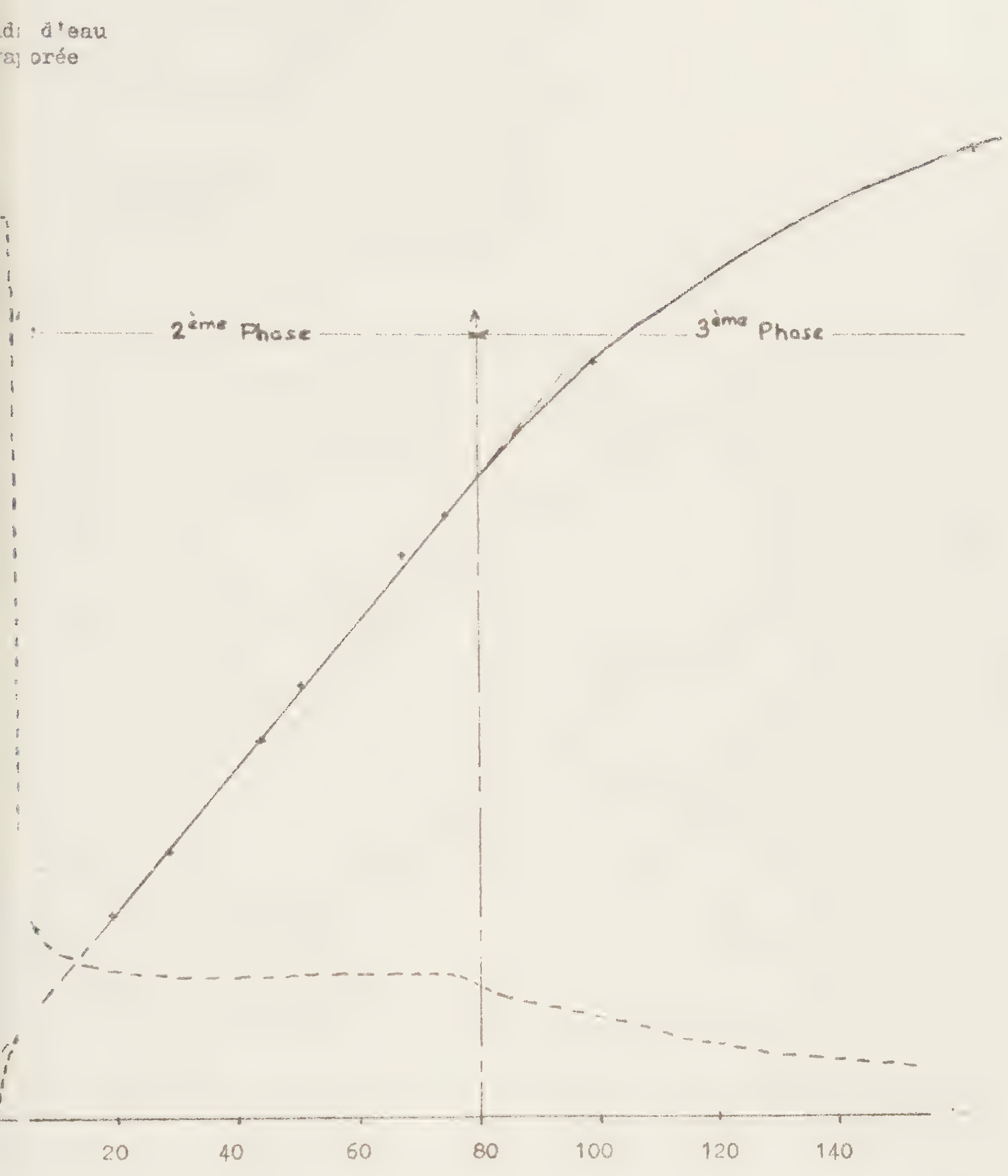


Figure n° 2-9 : Dessiccation du veau (+4°C - réfrigérateur ménager)

en trait plein : perte en eau cumulée
en pointillé : débit de perte en eau

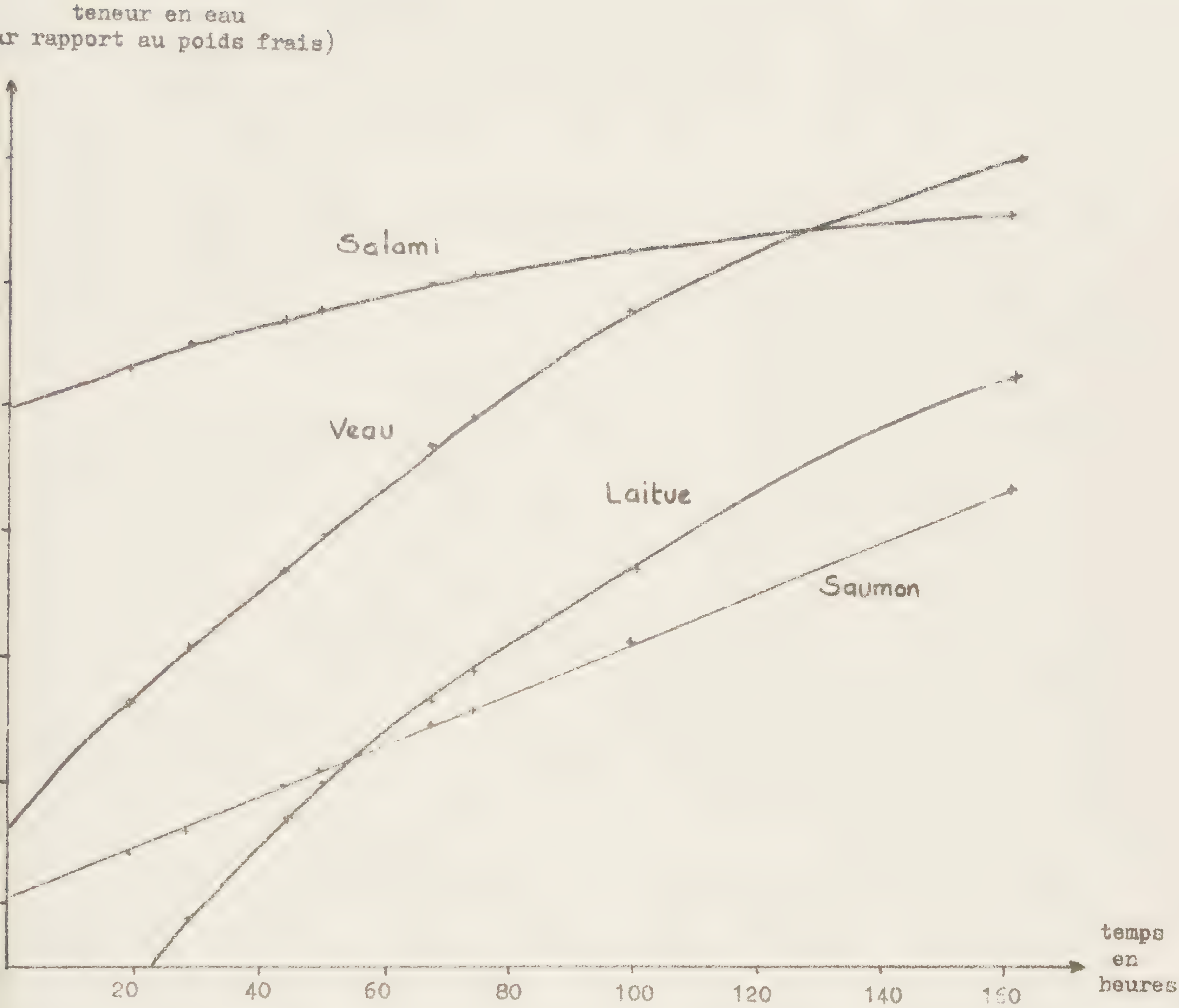


Figure n° 2-10 : Evolution de la teneur en eau au cours de l'entreposage frigorifique

a) Mouvements de l'eau à l'intérieur du produit

La dessiccation est le résultat de deux phénomènes : l'évaporation superficielle et le mouvement de l'eau interne en direction de la surface. Après avoir placé des tranches de pommes de terre en atmosphère desséchante (70°C, thermomètre humide +40°C, vitesse 10 ft/s) EDE (11) a montré (figure n° 2-11) que les couches superficielles sont fortement déshydratées alors que les couches profondes conservent encore leur teneur en eau initiale.

Le débit de perte en eau peut donc être limité soit par le débit de l'évaporation superficielle, soit par le flux d'eau en provenance des couches profondes.

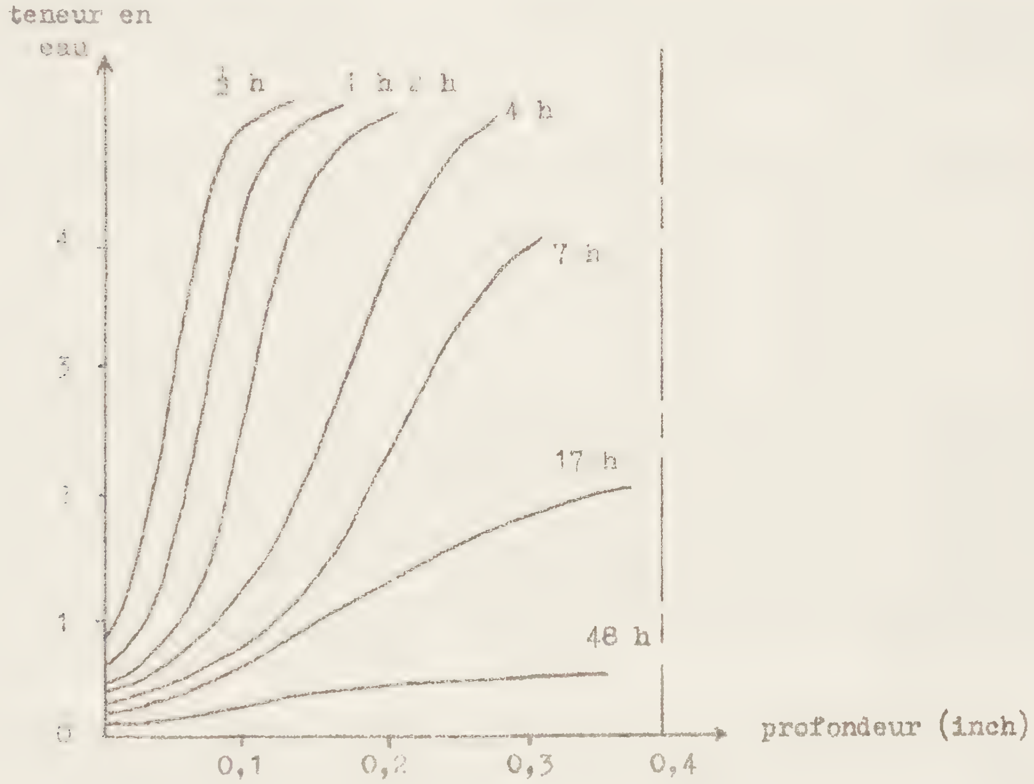


Figure n° 2-11 : Evolution au cours du séchage de la teneur en eau à différents niveaux de tranches de pommes de terre

Les premiers temps de la dessiccation concernent les parties proches de la surface ; l'énergie fournie par l'atmosphère étant constante, la dessiccation s'effectue à débit constant car l'apport d'eau interne proche de la surface est suffisant pour compenser les pertes par évaporation ; la courbe de dessiccation est linéaire (cas du saumon).

Dès que le flux interne est inférieur au débit de l'évaporation superficielle, ce dernier diminue ; la courbe de dessiccation n'est plus linéaire (cas de la laitue et du salami).

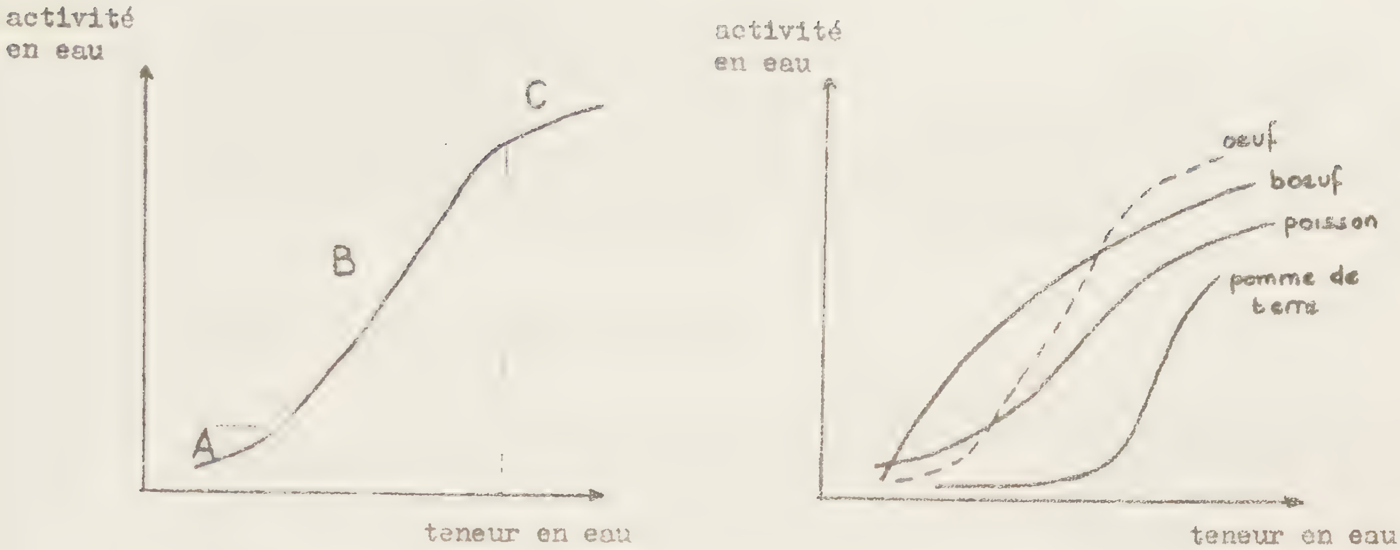


Figure n° 2-12 : Représentation schématique de l'isotherme d'adsorption en vapeur d'eau

b) Isothermes de sorption

La diminution du flux d'eau interne en direction de la surface s'explique par l'hétérogénéité des forces de rétention liant les molécules d'eau au produit. On distingue trois catégories de molécules d'eau correspondant chacune à une portion de l'isotherme de sorption (figure n° 2-12). La partie A correspond à la substance colloïdale, l'énergie de liaison est élevée. La partie B correspond à des molécules moins fortement adsorbées et la partie C aux molécules condensées dans les pores du produit, l'énergie de liaison de ces dernières est égale à la chaleur latente de vaporisation de l'eau.

La phase de dessiccation à débit constant correspond à la partie C de l'isotherme de sorption. La phase de décroissance du débit correspond à la partie B au moins lorsque le produit a une faible épaisseur ; dans le cas contraire l'effet simultané de la vitesse de transfert d'eau à l'intérieur du produit et de l'augmentation des forces de rétention ne permet pas d'obtenir une correspondance entre les différentes parties de l'isotherme de sorption et les différentes phases de variation du débit.

c) Conclusion

Les variations des caractéristiques du produit en fonction de sa teneur en eau rendent difficile l'étude des transferts de vapeur d'eau, particulièrement lorsque l'isotherme de sorption est décrit dans sa totalité ; dans le cas du séchage (10) la valeur moyenne du débit de perte en eau a peu de signification.

Dans le cas de la conservation à l'état réfrigéré de plats préparés à forte teneur en eau, le débit reste pratiquement constant pendant la première phase de dessiccation ; pour une faible perte en eau il est donc possible de caractériser le débit par une valeur moyenne, ce qui permet de comparer plus facilement les résultats des diverses expériences. Toutefois, nous devrons tenir compte de la perte en eau initiale, a, au cours du refroidissement car elle peut ne pas être négligeable.

5-2 Influence de l'Humidité Relative

Un abaissement de l'humidité relative entraîne une dessiccation plus intense. Sur la figure n° 2-13 nous avons représenté les courbes de dessiccation d'assiettes de viandes (veau + langue + garniture) et de macédoine de légumes placées sous des humidités relatives $\varphi = 0,73$ et $\varphi = 0,93$, avec un taux de renouvellement égal à 3 (vitesse linéaire voisine de 0,2 cm/s.

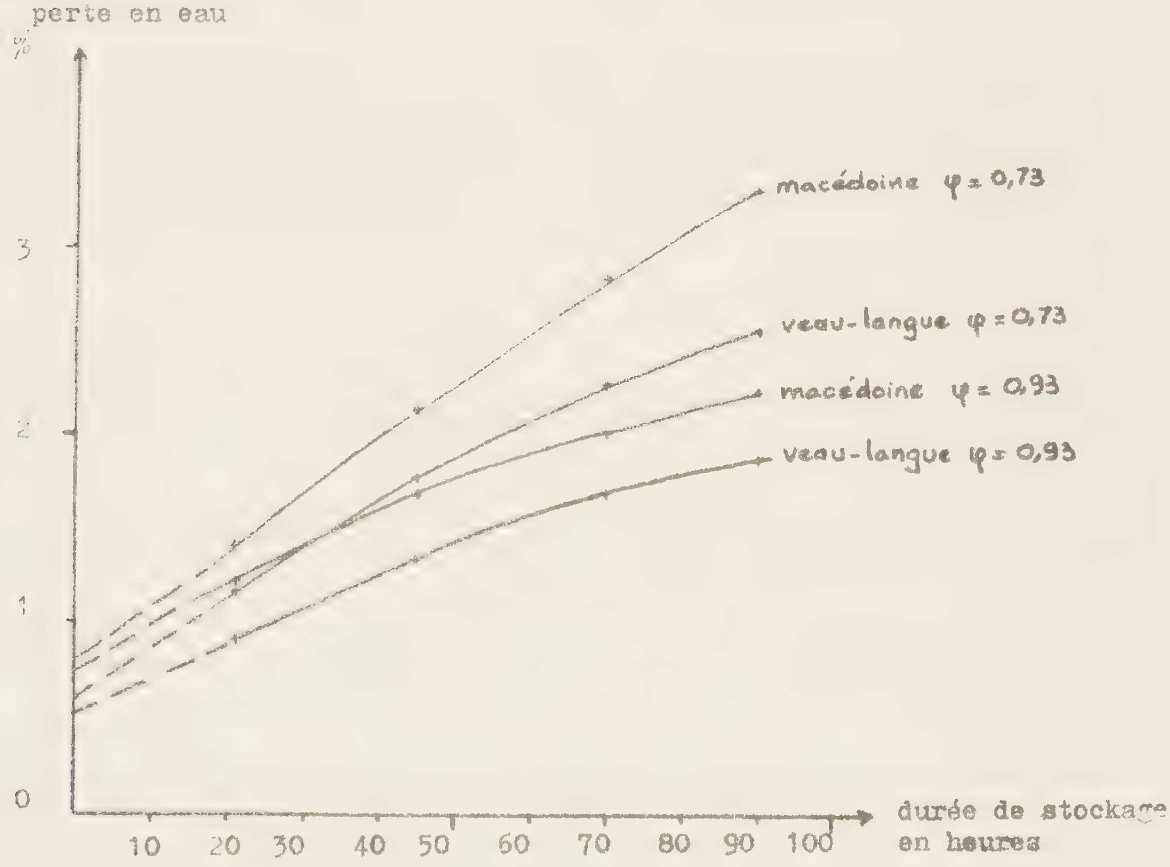


Figure n° 2-13 : Courbes de perte de poids cumulée de plats conservés sous diverses humidités relatives (v = 0,2 cm/s)

Les valeurs de a sont comprises entre 0,5 et 0,8 %, on ne distingue pas une nette influence de l'humidité relative sur la perte en eau au cours du refroidissement.

Si l'on exprime en gramme par jour le débit moyen de perte en eau au cours de la phase de dessiccation linéaire, on obtient pour $\varphi = 0,73$ des valeurs 1 fois et demie plus grande que pour $\varphi = 0,93$ (tableau n° 2-14).

Tableau n° 2-14

	Poids moyen g	débit moyen de perte en eau g/jour		rapport $\frac{\varphi = 0,73}{\varphi = 0,93}$
		$\varphi = 0,73$	$\varphi = 0,93$	
macédoine	87	0,69	0,45	1,53
viandes	114	0,60	0,38	1,58

Si l'on fait intervenir la perte en eau au cours du refroidissement, en calculant le débit moyen à partir de la perte de poids enregistrée après 3 jours de conservation on obtient des valeurs de débit supérieures aux valeurs précédentes (tableau n° 2-15) ; les rapports de débit $\frac{\varphi = 0,73}{\varphi = 0,93}$ sont du même ordre de grandeur.

Tableau n° 2-15

	débit moyen de perte en eau en g		rapport $= \frac{0,73}{0,93}$
	$\varphi = 0,73$	$\varphi = 0,93$	
macédoine	1,11	0,78	1,42
viandes	0,68	0,49	1,39

Il est difficile de comparer ces résultats à ceux que l'on rencontre dans la littérature : soit parce qu'il s'agit de produits très différents,
soit parce que les conditions de traitement diffèrent,
le rapport des débits de perte en eau à $\varphi = 0,73$ et $\varphi = 0,93$ est supérieur à celui que l'on peut déduire des données bibliographiques : 1,1 pour des carcasses de mouton (14).

5-3 Influence de la vitesse du courant d'air

L'agitation et le renouvellement fréquent de l'atmosphère favorisent la dessiccation ; des oeufs cuits dur, tranchés en quartiers et placés sous une humidité relative $\varphi = 0,90$ perdent : (figure n° 2-16)

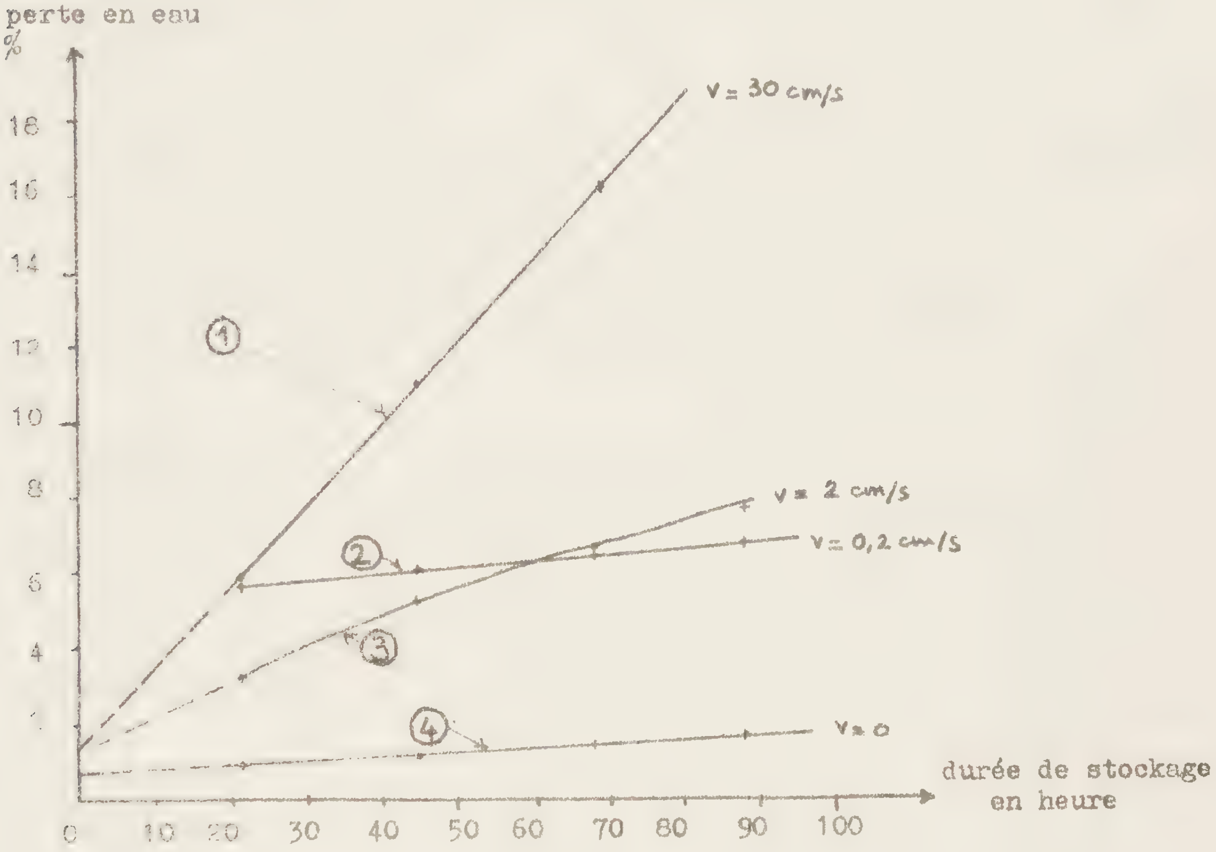


Figure n° 2-16 : Pertes de poids cumulées d'oeufs cuits dur pour différentes vitesses du courant d'air ($\varphi = 0,90$)

courbe 1	5,4 %/jour pour une vitesse linéaire du courant d'air de l'ordre de	30 cm/s
courbe 2	2,1 %/jour pour une vitesse linéaire du courant d'air de l'ordre de	2 cm/s
courbe 3	0,43%/jour pour une vitesse linéaire du courant d'air de l'ordre de	0,2 cm/s

La courbe 3 correspond à un entreposage en 2 temps :

- 1 jour HR = 90 ; V = 30 cm/s
- 3 jours HR = 90 ; V = 0,2 cm/s

La courbe 4 correspond à l'absence de ventilation, les plats sont placés dans une armoire dont l'atmosphère n'est pas renouvelée, dans ce cas la perte est de 0,30 %/g ; comparé aux 0,43 % obtenus lorsque V = 0,2 cm/s ce résultat montre que le fait de renouveler l'air 3 fois par heure n'entraîne qu'une faible augmentation de la vitesse de dessiccation.

Dans les conditions de nos essais, le débit de perte en eau varie plus en fonction de la vitesse de ventilation qu'en fonction de l'humidité relative.

En étendant à une gamme de produits, l'expérience pratiquée sur les oeufs cuits dur (température = +3°C, = 0,90) on constate que la vitesse de dessiccation est comprise entre (tableau n° 2-17) :

2 et 6 %/jour pour une vitesse de l'ordre de 30 cm/s
0,8 et 1,8 %/jour pour une vitesse de l'ordre de 2 cm/s
0,15 et 0,8 %/jour pour une vitesse de l'ordre de 0,2 cm/s
0,1 et 0,3 %/jour pour une vitesse nulle

Tableau n° 2-17 : Débit de perte en eau en %/jour

Produit	Ordre de grandeur de la vitesse de l'air			
	30cm/s	2 cm/s	0,2cm/s	0
Contrefilet de boeuf	4,5	1,00	0,43	0,20
Contrefilet glacé	5,9	1,66	0,73	0,17
Veau	4,1	1,21	0,41	0,16
Veau glacé	4,7	1,07	0,63	0,28
Saumon	5,4	1,06	0,48	0,14
Saumon glacé	4,1	1,12	0,34	0,10
Oeufs cuits dur	5,9	1,80	0,43	0,30
Tomates tranchées en 2	2,2	0,99	0,39	0,24
Macédoine de légumes + mayonnaise	3,2	0,95	0,15	0,18
Gélatine	3,5	0,80	0,18	0,18

Sachant que la perte en eau maximum tolérable est de l'ordre de 1,5 %, et que la perte en eau au cours du refroidissement est comprise entre 0,5 et 0,8 % il sera nécessaire de choisir une vitesse de ventilation nulle (ou très faible) n'entraînant qu'une faible perte en eau.

5-4 Influence des caractéristiques du produit

Placés dans des conditions de conservation identiques, les aliments se dessèchent de façon différente comme le montre les résultats des tableaux n° 2-17 et 2-18.

Nous ne prétendons pas expliquer en détail les motifs de ces différences de débit de perte en eau, nous avons vu (§ 5-12) qu'elles sont en partie dues aux caractéristiques hygrométriques des produits, ainsi, on peut estimer :

- que les denrées dont le débit de perte est élevé (tomate, contrefilet, veau) sont celles qui possèdent l'HRE la plus élevée,
- que les denrées, tel le salami, possédant une faible teneur en eau initiale ont une faible HRE.

Expliquer, dans notre cas, l'influence des caractéristiques hygrométriques sur la vitesse de dessiccation est d'autant plus difficile que le principal moyen d'investigation consiste justement à déssécher le produit ; c'est peut-être la raison pour laquelle l'étude des transferts de masse est parfois empirique.

Notre intention est de préciser l'importance relative des caractéristiques géométriques du produit (air, texture, disposition) sur le débit de perte en eau.

Tableau n° 2-18 : Débit de perte en eau de denrées entreposées en réfrigérateur ménager (+4°C)

Produit	Teneur en eau initiale *	Débit de perte en eau	
		%/jour	mg/cm²/jour **
Tomate (tranches séparées)	94	13,4	73
Contrefilet de boeuf glacé	70	8,9	72
Veau glacé	74	8,3	70
Roulé de volaille glacé	70	4,9	66
Saumon glacé	78	6,0	66
Contrefilet de boeuf	65	7,4	58
Veau	63	8,8	57
Roulé de volaille	61	5,3	53
Jambon de Paris	69	12,6	47
Carottes appertisées	91	6,3	45
Tomates(tranches superposées)	94	4,1	44
Macédoine de légumes	86	7,0	42
Poulet (cuisse)glacé	61	2,6	38
Poulet (cuisse)	58	2,4	33
Saumon	71	5,1	33
Salsifis appertisés	87	4,6	32
Salami	30	5,0	29
Laitue	96	13,1	17

** L'erreur d'appréciation de la surface est de ± 10 %
* exprimée en pourcentage par rapport au poids frais

Les résultats du tableau n° 2-18 vont nous permettre de préciser les facteurs influençant la vitesse de dessiccation.

5-41 Surface d'échange

Selon que les tranches d'une tomate sont séparées et disposées à plat, ou juxtaposées et inclinées, les débits de perte en eau seront de :

Lot A : tranches séparées à plat : 13,4 %/jour = 73 mg/cm²/jour

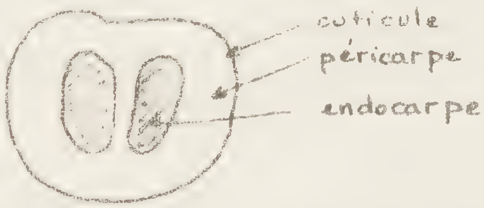
Lot B : tranches superposées : 4,1 %/jour = 44 mg/cm²/jour

Lorsque le débit est exprimé en pourcentage le lot A se déssèche 3,2 fois plus vite que le lot B ; par contre si le débit est rapporté au cm² le lot A se déssèche seulement 1,7 fois plus vite que le lot B.

Cela signifie que l'aire de la surface de dessiccation explique les différences observées mais en partie seulement, car il subsiste un écart de débit entre les deux lots ; pour expliquer cet écart nous allons considérer la texture et la disposition des tranches.

5-42 Texture

Une tranche de tomate fait apparaître une partie charnue externe (péricarpe) et un gel intérieur (endocarpe) contenant les pépins :



On peut estimer que l'endocarpe se déssèche plus rapidement car sa teneur en eau est plus élevée et aucune paroi cellulaire ne fait obstacle au départ de l'eau ; lorsque les tranches sont disposées à plat, la vitesse de 7,3 mg/cm²/g est donc une moyenne pondérée des débits de perte en eau du péricarpe et de l'endocarpe.

Lorsque les tranches sont superposées la surface apparente est essentiellement une surface péricarpique dont le débit est plus faible, il en résulte un abaissement de la vitesse moyenne de dessiccation des tranches.

Le fait qu'une structure cellulaire cohérente (cellules vivantes) fasse obstacle au départ de l'eau permet d'expliquer le faible débit de la laitue (17 mg/cm^2/jour) par comparaison avec : - les carottes appertisées (4.17 mg/cm^2/jour) et la macédoine de légumes (42 mg/cm2/jour) dont les tissus ont été altérés par la cuisson (cellules mortes)

- les tomates dont les tissus sont tranchés donc partiellement détruits.

Ces considérations sont également valables pour les produits animaux : les tranches de veau, de roulé de volaille (veau + poulet), de contrefilet sont constitués de fibres musculaires sectionnées alors que pour le poulet et le saumon, une très grande partie de la surface n'a pas été touchée par le couteau : dans le premier cas l'eau s'échappe plus librement que dans le second.

Bien entendu la texture du produit, de même que les autres facteurs envisagés, ne permet pas d'expliquer à elle seule la totalité des écarts, entre les débits de perte en eau des différentes denrées.

Dans le cas du poulet, les restes de peau et la présence de matière grasse à la surface constitue également une entrave au passage de la vapeur d'eau.

5-43 Relief du produit

La vitesse de dessiccation varie selon le point de la surface considérée, selon qu'il est situé sur une "crête" ou dans une "vallée" un point peut être exposé à l'action déshydratante de l'atmosphère ou, au contraire abrité. Il se forme des microclimats locaux qui dépendent du relief et de l'agitation de l'air.

Dans le cas des tranches de tomates on peut penser que l'influence du relief se manifeste par un abaissement du débit de perte en eau des tranches superposées.

D'autre part, nous avons constaté qu'un plat préparé présente un débit de perte en eau plus faible que celui que l'on peut calculer à partir des débits pondérés de chacun de ses constituants :

quatre lots de 5 assiettes sont placés dans des conditions identiques (φ = 0,90 , v = 2 cm/s),

Lot 1 : contrefilet de boeuf glacé
Lot 2 : poulet non glacé
Lot 3 : légumes appertisés (carottes et salsifis en quantités égales)
Lot 4 : assiette comprenant contrefilet, poulet et légumes de telle façon que les produits ne se recouvrent pas.

Les débits enregistrés sont les suivants :

	Poids	débit de perte en eau en g/jour	en %/jour
Contrefilet	40,32	0,86	2,13
Poulet	81,25	0,72	0,88
Légumes	66,03	0,33	0,50
Assiette garnie calculé *	187,60	1,91	1,02
expérimental	185,10	1,23	0,66

Lorsque les constituants de l'assiette garnie sont conservés isolément ils perdent au total 1,91 g/jour soit 1,5 fois plus que lorsqu'ils sont juxtaposées (sans recouvrement). La disposition des aliments est donc un facteur qui influence de manière très nette le débit de perte en eau, une présentation compacte fait obstacle à la dessiccation.

* La faible différence de poids entre ces deux types d'assiette est due à la difficulté de distribuer des rations de poids rigoureusement identiques.

6- AUTRES ALTERATIONS DES QUALITES ORGANOLEPTIQUES

6-1 Aspect

6-11 Viandes rouges

Après cuisson, on observe à la surface des tranches de contre: ilet de boeuf un exsudat dont la coloration rouge est due à la présen e de myoglobine, (et aux produits de dénaturation) ; lorsque ces même: tranches sont enrobées de gélatine initialement incolore, on observe u e diffusion des pigments au sein de l'enrobage qui acquiert peu à pe une teinte rosée, rouge vif, rouge sombre puis noire.

Les essais menés dans le but d'éviter cette altération, nous ournissent les indications suivantes (25) :

- le phénomène d'altération est identique pour des viandes co gelées ou simplement réfrigérées (avant cuisson),
- les modalités de cuisson (durée, température, dimension des morceaux) influencent de façon très nette la coloration des tranches,
- la qualité de l'aspect des tranches, après enrobage, n'est as améliorée si l'on remplace la gélatine par divers enrobages alimentaire (alginates, pectines, glycérides, amidon, méthyl-cellulose),
- la dessiccation favorise l'assombrissement des couleurs, ce endant l'absence de dessiccation ne supprime pas la diffusion des pi ments dans l'enrobage.

En conclusion, il apparaît que la qualité de l'aspect des via des rouges dépend essentiellement des conditions de cuisson ; cette ques ion doit être envisagée au niveau de la fabrication.

6-12 Veau

La couleur grise du veau cuit est considérée comme un défaut e qualité : le dégustateur désir obtenir une viande blanche.

La pigmentation de la viande fraîche qui, dans le cas du veau correspond à une qualité de second choix (26), est à l'origine de cette ltération ; la dessiccation a seulement pour effet d'intensifier l'assomb issement des tranches.

2-2 Odeur

2-21 Influence de la ventilation

Lorsque les plats préparés sont stockés dans des armoires non ventilées on note, en fin de conservation, une forte "odeur de réfrigér teur" qui résulte de l'accumulation d'arômes, provenant des divers prod its. Parfois le composant d'un plat prédomine (artichauts) et confère son rôme aux autres denrées. Il suffit que l'atmosphère soit renouvelée ? ..o/heure pour éviter de telles accumulations.

[illegible] Rancissement des matières grasses

Quelles que soient l'humidité relative et la vitesse de ventilation, certains produits deviennent rances après 24 heures d'entreposage : c'est le cas de la mousse de foie gras (beurre + foie gras) et du beurre moutardé (décors). Ces deux produits subissent en cours de préparation un [illegible] qui favorise le contact entre matières grasses et oxygène de l'air, il en résulte un rancissement rapide.

Indépendamment des conditions de conservations, on note parfois après 2 à 3 jours de conservation des odeurs de rance pour des portions de poulet (cuisse) de contrefilet, de saumon ou de macédoine de légumes en sauce mayonnaise ; en fait on ne perçoit aucune altération lorsque ces produits ont été préparés peu de temps (moins de 12 heures) avant la conservation.

5-2 Consistance

Si l'on place des petits fours ou des éclairs à côté de produits riches en eau tels les crudités, le contrefilet ou le saumon, les pâtisseries deviennent molles, la pâte d'amande collante, le sucre glace se dissout et coule ; parallèlement on note une augmentation du poids initial. Ces produits ont une faible humidité relative de surface, ils se comportent en accepteur de vapeur d'eau lorsqu'ils côtoient des denrées à forte humidité relative.

Pour conserver ces denrées facilement altérées par l'humidité, il est nécessaire de les placer sous emballage imperméable à la vapeur d'eau.

Conclusion sur la nature et le mécanisme des altérations organoleptiques

L'altération des qualités organoleptiques du plat préparé placé à +[illegible]°C est essentiellement une altération de l'aspect due à la dessiccation ; parmi les produits étudiés le veau est celui dont l'aspect est le plus fragile, il ne doit pas perdre plus de 1,5 % de son poids initial. En outre, on note une accumulation d'arômes en absence de ventilation.

Il est possible de réduire le débit de perte en eau en choisissant une faible vitesse de ventilation et une humidité relative élevée.

D'après les résultats fournis aux § 5-2 et 5-3 la perte en eau du veau est de :

0,16 % par jour pour $v = 0$ ($\varphi = 0,90$) soit 0,38 % en 3 jours
0,41 % par jour pour $v = 0,2$ cm/s ($\varphi = 0,90$) soit 1,23 % en 3 jours ;

en tenant compte de la perte en eau liée au refroidissement (entre 0,5 et 0,8 %) les pertes totales après 3 jours de conservation seront comprises entre :

0,9 et 1,2 % pour v = 0 soit moins de 1,5 %
1,7 et 2,0 % pour v = 0,2 cm/s soit plus de 1,5 %.

Il serait donc préférable de choisir v = 0 mais il semble également important d'éviter l'accumulation des arômes aussi nous sommes amenés à choisir v = 0,2 cm/s et à risquer d'obtenir une altération du veau avant trois jours ; (ce risque peut être accepté dans la mesure où nous savons que le débit de perte en eau du plat préparé est inférieur à celui des denrées conservées isolément).

B - 2ème temps : Contrôle des qualités organoleptiques des plats réfrigérés

Après avoir étudié le mécanisme d'altération organoleptique des plats préparés et choisi les conditions de conservation qui semblaient les plus aptes à retarder l'apparition des principales altérations, nous allons chercher à apprécier les qualités organoleptiques des plats préparés placés dans ces conditions, et déterminer leur durée de conservation.

Pour cela, une gamme de plats préparés sont réfrigérés et examinés après 2 et 3 jours de conservation ; nous pourrons ainsi :

- comparer les notes obtenues et apprécier l'amplitude de l'évolution,
- vérifier si les plats sont acceptés par le jury et, en cas de refus, rechercher les causes et les remèdes.

7-1 Déroulement des essais

Nous avons testé 24 séries de plats préparés choisis parmi les plus fréquemment préparés à Orly :

13 viandes et charcuterie avec accompagnement de légumes
3 poissons
1 légume
6 divers

Les plats préparés sont placés à +3°C dans des armoires contenant 7 plateaux-repas et dont l'atmosphère est renouvelée 3 fois/heure grâce à un courant d'air (v = 0,2 cm/s) d'humidité relative = 0,90.

Les plats sont dégustés après préparation (J0) et après 2 et 3 jours de conservation (J2 et J3). La fabrication est réalisée par le même cuisinier à partir de denrées identiques ; dans certains cas cependant il n'a pas été possible d'obtenir exactement les mêmes produits ce qui explique certaines anomalies de notation.

7-2 Résultats généraux

Le premier résultat concerne la perte en eau, celle-ci ne dépasse jamais 1,5 % du poids frais initial, après 3 jours de conservation ; cela confirme que le débit de perte en eau du plat est inférieur à celui de ses constituants pris isolément et que le procédé utilisé permet de limiter la dessiccation.

En ce qui concerne les qualités organoleptiques, le jury perçoit une baisse au cours de la conservation ; il distingue bien un produit frais d'un produit conservé, par contre il distingue mal le plat de 2 jours de celui de 3 jours. La perte moyenne de qualité est de 1 point pour l'aspect et le goût, elle n'est que de 0,3 point pour l'odeur.

	Moyennes générales		
	J0	J2	J3
Aspect	[illegible]	[illegible]	6,0
Odeur	6,7	6,4	6,4
Goût	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Sur 400 plats dégustés on enregistre 61 refus qui se répartissent de la manière suivante :

	J0	J2	J3
nombre de refus	10	[illegible]	31
% de plats refusés	[illegible]	[illegible]	[illegible] %

Si les notes de dégustation de J2 et J3 sont voisines, par contre le pourcentage de plats refusés à J3 est nettement plus élevé qu'à J2.

Le fait que 5 % des plats frais soient refusés montre que la qualité initiale de la matière première ou le mode de fabrication peuvent être imparfaits et entraîner le refus d'un plat conservé.

7-3 Odeur

Les variations de l'odeur en fonction de la durée de stockage ne sont pas significatives ; mis à part les produits qui émettent une forte odeur de rance (mousse de foie gras, beurre moutardé cf. § 2-22) l'odeur est, en général, jugée satisfaisante, elle n'entraîne pas à elle seule le refus du plat.

Le jury note très rarement la présence d'odeurs étrangères ; quelquefois il remarque une "odeur de réfrigérateur" pour des plats J0, J2 ou J3. Ce phénomène est lié à l'entreposage qui suit la cuisson ; les denrées n'étant pas emballées, elles peuvent retenir les arômes dispersés dans la chambre froide.

7-31 Influence des conditions de dégustation

La perception des arômes varie selon la température des produits : un plat servi à une température inférieure à +10°C a peu d'odeur, un léger réchauffement est bénéfique. Les dégustateurs ont bien accepté des plats dont la température était voisine de +15°C mais si l'on se reporte aux travaux de JACOBSON et KOEHLER (21) il semble qu'une température plus élevée aurait permi de déceler une évolution plus nette de l'odeur. Ces auteurs placent les assiettes de dégustation dans un bain marie (température de l'ordre de 40°C).

Notes de l'odeur du poulet (cuisse) réfrigéré				
	J0	J1	J2	J3
dégusté à +15°C	7,2		6,8	6,6
placé dans un bain marie	8,5	5,9	4,8	4,1

7-4 Aspect

7-41 Résultats

Tableau n° 2-19 : notes de l'aspect

Produit	écart max. J0-J2 ou J0-J3	notes		
		J0	J2	J3
Salami	- 0,2*	6,7	6,7	6,5
Pain (Sandwich)	- 0,3	6,8	6,5	6,7
Carottes appertisées	- 0,3	6,6	6,5	6,3
Poulet glacé	- 0,5	6,6	6,1	6,3
Petits fours (sous cellophane)	- 0,5*	8,0	7,5	7,6
Barquette crème au beurre	- 0,6*	8,2	7,6	7,6
Colin glacé	- 0,6	7,0	7,8	6,4
Saumon glacé	- 0,6	7,3	6,7	7,0
Mayonnaise	- 0,8	6,6	6,7	5,8
Pruneaux fourrés	- 0,8*	8,2	7,6	7,4
MOYENNE	- 0,9	6,9	6,0	6,0
Oeuf cuit dur	- 1,1	6,7	6,5	5,6
Tomates	- 1,1	6,6	6,2	5,5
Fruits au sirop	- 1,2	7,6	6,4	6,6
Jambon de Paris	- 1,3*	7,1	6,0	5,8
Artichauts (coeur)	- 1,4	7,0	5,6	5,8
Contrefilet de boeuf (glacé)	- 1,6	6,6	5,2	5,0
Laitue	- 1,6	6,4	5,1	4,8
Macédoine de légumes	- 1,6	6,6	5,0	5,2
Veau glacé	- 2,0	7,2	5,2	5,8
Salsifis	- 2,3*	6,5	4,2	4,6
Jambon fumé	- 2,4*	6,4	5,6	4,0
Eclair	- 3,6*	7,8	3,6**	4,2
Roulé de volaille	*	7,1	7,2	7,2
Langue de boeuf	*	7,0	7,2	7,2
Pâté en croûte	*	6,4	6,8	6,8
Gigot d'agneau	*	5,9	6,6	6,2
Foie gras mi-cuit	*	6,5	7,4	6,6

* Produits soumis à une seule série de dégustations

** emballé sous plastique (polyethylène)

Les modifications de l'aspect varient selon la nature du produit ; si l'on classe les denrées d'après leur perte de qualité (J0 - J2 ou J3) on constate que l'ordre de classement ne correspond pas à l'ordre obtenu précédemment (tableau n° 7-7) ainsi, le roulé de volaille glacé devrait s'altérer plus rapidement que le contrefilet ou le poulet car il est plus sensible à la dessiccation or nous obtenons un résultat contraire : le roulé de volaille garde une qualité constante, le poulet perd 0,5 point et le contrefilet 1,6 point.

La discordance de ces deux classements indique que (pour ces produits) l'évolution de l'aspect est quasiment indépendante du phénomène de dessiccation, on constate une influence prédominante des autres altérations :

- rougissement du contrefilet (- 1,6)
- couleur grise du veau (- 2,0)

7-41

Parmi les denrées dont l'aspect évolue le plus rapidement, trois ont une note inférieure à 4,5 :

a) éclair

En emballage imperméable l'éclair devient mou, le sucre glacé se dissout, l'aspect obtient à J2 la note 3,6 ; sans emballage on observe les mêmes phénomènes mais d'une manière moins prononcée, la note J3 est de 4,2.

L'humidification de la pâte ne provient pas de la vapeur d'eau apportée par l'atmosphère de l'armoire car l'éclair emballé sous plastique s'humidifie ; elle provient de l'eau contenue dans la crème pâtissière. Un éclair ne peut rester ferme que s'il est placé dans une ambiance désséchante : réfrigérateur ménager ou emballage capable d'absorber l'eau issu du produit.

b) jambon fumé

Le jambon fumé prend une teinte vert de gris, de plus on observe de fines gouttelettes à la surface des tranches ; le jury estime que le jambon est trop salé. Dans ce cas l'humidification provient de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère de l'armoire, le sel agit en accepteur de vapeur d'eau, d'où la formation de gouttelettes.

Ce phénomène d'humidification est également constaté pour le jambon de Paris sauf lorsque les tranches sont placées en sandwich entre deux morceaux de pain qui font écran à la pénétration de vapeur d'eau.

c) salsifis appertisés

Le jury estime que les salsifis ont perdu leur aspect brillant, d'autre part il n'apprécie pas la forme des morceaux. Nous savons (tableau n°7-18) que les salsifis n'ont pas un débit de perte en eau très élevé, dans ce cas particulier, sans en avoir obtenu la preuve formelle, nous pouvons incriminer le mode de préparation : un entreposage prolongé en réfrigérateur après égouttage.

Les salsifis peuvent supporter trois jours de conservation s'ils sont disposés sur des plats quelques heures après ouverture des boîtes.

7-42 Refus du plat dû à l'aspect

Sur 61 plats refusés 35 le sont à cause d'une mauvaise qualité de l'aspect et du goût (ou de la consistance) et 12 le sont uniquement pour une mauvaise qualité de l'aspect ; les denrées incriminées sont les suivantes :

Denrée	Causes de refus (aspect seul)	Nombre de refus	Nombre de dégustations J2 et J3	% de refus
Eclair	Humidification	8	10	80 %
Contrefilet de boeuf	Couleur rouge	12	40	30 %
Veau	Couleur grise	9	30	30 %
Gigot d'agneau	Couleur rouge	3	10	30 %
Jambon fumé	Vert de gris	3	10	30 %
Jambon de Paris	Humide	2	10	20 %
Laitue	Fanée	4	25	16 %
Oeuf	Poisseux	3	20	15 %
Colin	Non précuisé	1	10	10 %
Mayonnaise	Pâle	2	20	10 %
Artichauts	Pâle	1	15	7 %
Pain	Une poussière	1	25	4 %
Tomate	Bord sec	1	25	4 %

Ces résultats nous permettent d'apprécier de façon plus précise l'effet des altérations sur l'avis du dégustateur : on vérifie l'impossibilité d'appliquer le procédé à la conservation des éclairs car la fréquence des refus est élevée, par contre la faible qualité des salsifis n'est jamais mentionnée comme cause de refus.

Les altérations de couleur (rouge du contrefilet et gigot, gris du veau, vert du jambon fumé) entraînent un refus de l'ordre de 30 % et peuvent remettre en question l'aptitude des produits à supporter la conservation.

En ce qui concerne la laitue, les refus concernent des assiettes contenant les feuilles périphériques, les feuilles jeunes supportent bien la conservation.

Pour les oeufs, la mayonnaise, le colin, les artichauts, le pain et la tomate, on peut estimer que les refus sont des accidents, ils ne remettent pas en cause le procédé ; aucun de ces produits n'entraîne à lui seul le refus du plat.

7-5 Goût

7-51 Résultats

Tableau n° 2-20 : notes du goût

Produit	Écart max. J0–[illegible] ; J0–J3	J0	[illegible]	J3
gruyère (sandwich)	0,0	6,8	6,8	6,9
Pain (sandwich)	- 0,4	6,5	6,5	6,1
Barquette crème au beurre	- 0,4*	8,0	7,8	7,6
Jambon de Paris	- 0,6	6,4	5,8	6,[illegible]
Langue de boeuf	- 0,6*	7,4	7,2	6,8
Carottes appertisées	- 0,7	6,4	5,7	5,[illegible]
Roulé volaille	- 0,9*	7,1	6,8	6,[illegible]
Poulet rôti	- 0,9	6,3	5,4	6,1
Fruits sirop	- 1,0	6,9	5,9	6,[illegible]
Petits fours secs	- 1,0*	8,0	7,0	7,[illegible]
MOYENNE	- 1,0	6,8	5,9	5,8
Artichauts	- 1,3	6,0	5,4	4,7
Gigot d'agneau	- 1,2*	5,8	4,6	5,0
Saumon	- 1,3	7,4	6,1	6,6
Mayonnaise	- 1,3	6,9	6,0	5,6
Oeufs dur	- 1,4	6,4	5,8	5,0
Contrefilet	- 1,4	6,7	5,6	5,3
Tomates	- 1,6	6,7	6,1	5,1
Salami	- 1,7*	7,2	6,8	5,5
Salsifis	- 2,0*	6,2	5,2	4,2
Jambon fumé	- 2,0*	7,0	5,4	5,0
Laitue	- 2,2	6,9	5,4	4,7
Veau	- 2,2	7,5	6,0	5,3
Macédoine de légumes	- 2,7	6,8	4,3	4,1
Eclair	- 4,8*	8,1	3,3**	4,6
Foie gras mi-cuit	*	5,3	7,8	7,2
Pâté en croûte	*	6,8	7,4	6,6
Colin farci	*	6,5	7,0	6,1

* Produits soumis à une seule série de dégustation

** emballé sous plastique (polyethylène)

7-52 Liaison entre les notes de l'aspect et du goût

Les notes de l'aspect sont très proches de celles du goût, si l'on représente chaque produit par un point d'ordonnée égale à la note du goût (note moyenne du jury) et d'abscisse égale à la note de l'aspect, on obtient un nuage de points dont l'orientation assez nette (figure n° 2-21) indique une liaison entre ces deux types de note.

Les coefficients de corrélation entre les notes de goût et d'aspect de chaque type de denrées sont toujours positifs (tableau n° 2-22). Le coefficient calculé à partir des notes moyennes de chaque dégustateur est égal à + 0,89.

D'après l'ordre chronologique des examens organoleptiques, on peut dire que la note de l'aspect influence la note du goût ; par conséquent la note de goût peut être considérée comme une note représentative de l'ensemble des qualités du plat.

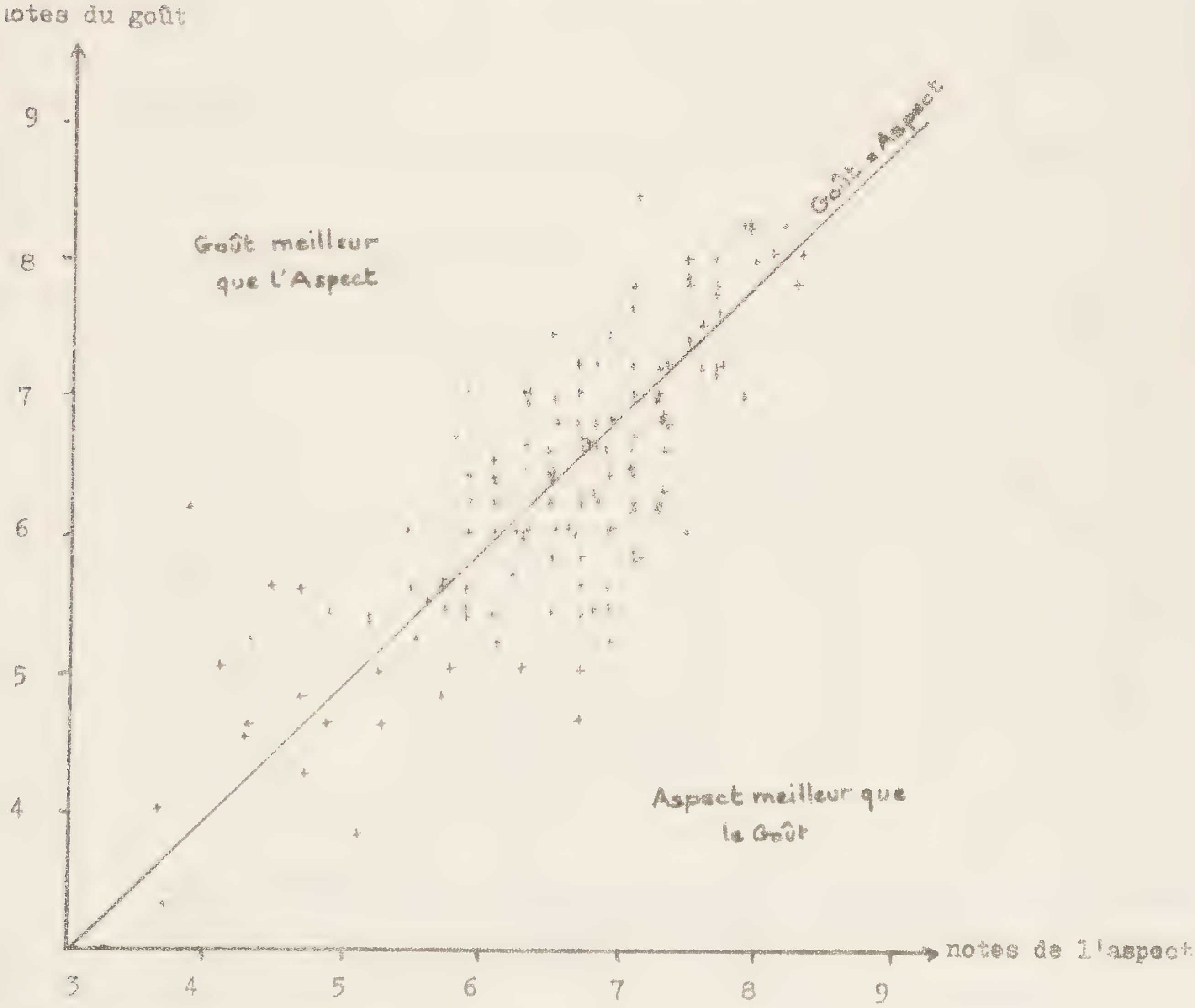


Figure n° 2-21 : Recherche d'une corrélation entre les notes de l'aspect et du goût des plats conservés.

Tableau n° 2-22 : Coefficients r de corrélation des notes de goût et d'aspect.

Denrées	Coefficient r	Nombre de notes	Limites de r à 95 % inférieure	supérieure
Poulet	+ 0,95	9	+ 0,75	+ 0,99
Contrefilet	+ 0,81	17	+ 0,45	+ 0,92
Veau	+ 0,77	12	+ 0,35	+ 0,93
Viandes diverses	+ 0,75	12	+ 0,35	+ 0,91
Charcuterie	+ 0,59	23	+ 0,20	+ 0,80
Poissons	+ 0,46	12	- 0,20	+ 0,80
Oeufs	+ 0,77	10	+ 0,25	+ 0,94
Crudités	+ 0,85	20	+ 0,65	+ 0,93
Légumes appertisés	+ 0,68	24	+ 0,35	+ 0,85
Macédoine de légumes	+ 0,94	6	+ 0,50	+ 0,99
Boulangerie-Pâtisserie	+ 0,91	29	+ 0,80	+ 0,95
Divers	+ 0,75	29	+ 0,50	+ 0,86
Moyennes de chaque dégustateur	+ 0,89	20	+ 0,75	+ 0,95

7-53 Refus du plat dû au goût

Sur 61 plats refusés 11 le sont uniquement pour une mauvaise qualité du goût, les denrées incriminées sont les suivantes :

Denrées	Cause refus (goût seul)	Nombre de refus	Nombre de dégustations J2 et J3	% refus
Fruits au sirop	goût de fer	3	10	30 %
Gigot d'agneau	amer	2	10	20 %
Jambon fumé	trop salé	2	10	20 %
Artichauts	trop acide	1	15	7 %
Macédoine de légumes	goût de fer	1	20	5 %
Poulet	chair sèche	1	20	5 %
Veau	"goût de frigo"	1	30	4 %
Pain	"goût de moisi"	1	25	4 %

On peut estimer que la totalité des refus dus au goût relève de la qualité initiale de la matière première (trop salé, trop acide ...) ou d'un entreposage prolongé après cuisson (chair sèche) ; par conséquent, ils ne remettent pas en cause l'efficacité du procédé.

Conclusion du contrôle des qualités organoleptiques

Le procédé de conservation que nous avons testé, permet de maintenir à un bon niveau de qualité la majorité des plats préparés ; en particulier il limite l'évolution de l'aspect due à la dessiccation. Toutefois, après 3 jours de conservation certaines altérations particulières subsistent ; elles sont en partie dues à une défaillance de qualité initiale des matières ou au mode de fabrication.

Tableau n° 2-22 : Récapitulation des notes du goût par types de produit

Denrées	Perte de qualité	J0	J1	J3
Charcuterie	− 0,4	6,3	5,9	6,1
Poissons	− 0,6	7,0	6,4	6,5
Viandes diverses	− 0,7	6,8	6,2	6,1
Poulet	− 0,9	6,3	5,4	6,1
Pâtisserie (sous cellophane)	− 1,0	7,3	6,3	6,4
MOYENNE GENERALE	− 1,0	6,8	5,9	5,8
Légumes appertisés	− 1,3	6,3	5,5	5,0
Contrefilet	− 1,4	6,7	5,6	5,3
Crudités	− 1,7	6,7	5,8	5,0
Veau	− 2,2	7,5	6,0	5,3

L'examen des causes de refus nous permet de préciser que 10 plats sont refusés pour une mauvaise qualité de la matière première ;

16 plats sont refusés à cause d'un manque de soins au cours de la fabrication ou à une attente prolongée en chambre froide ;

35 sont refusés pour une altération dû à la conservation - parmi eux :

- 8 concernent les éclairs
- 15 sont refusés pour une coloration rouge (contrefilet et gigot
- 9 sont refusés à cause du jambon fumé
- 2 sont refusés à cause des tomates
- 1 est refusé à cause du colin.

Dans les conditions actuelles d'exploitation, un stockage de 3 jours de l'ensemble des prestations étudiées entraîne un refus de 31 % des plats contre 5 % pour les plats frais.

Un contrôle strict de la qualité des matières premières et une amélioration des conditions de fabrication ramèneraient le pourcentage de refus aux environ de 20 %.

Ces 20 % représentent :

- des plats qui ne peuvent pas subir le stockage dans les conditions générales,éclair, mousse de foie gras, beurre moutardé,
- des plats qui peuvent être conservés 2 à 3 jours sans réserve d'une amélioration de la qualité initiale et des conditions de traitement : contrefilet et gigot, veau, jambon fumé,
- des plats qui pourraient être facilement conservés [illegible] jours pourvu qu'ils soient traités spécialement : tomates glacées.

TROISIEME PARTIE

ETUDE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE

La qualité bactériologique du plat préparé conservé dépend de la qualité initiale, des conditions de conservation et de la nature des denrées.

8-1 Influence de la qualité initiale

Sur 41 lots (contrefilet : 8 ; saumon : 9 ; veau : 7 ; langue de boeuf : crudités : 5 ; macédoine de légumes : 3 ; poulet : 2 ; oeuf : 2) placés à +3°C sous différentes conditions d'humidité et de ventilation :

- 24 contiennent à J0 moins de 10.000 germes/g : parmi eux
  - 2 contiennent à J4 plus de 1 million de germes/g soit 8
- 17 contiennent à J0 plus de 10.000 germes/g : parmi eux
  - 13 contiennent à J4 plus de 1 million de germes/g soit 77 %.

Ces résultats montrent une augmentation du nombre de germes au cours de la conservation et mettent en évidence l'influence de la qualité initiale sur la probabilité d'obtenir un produit conservé de qualité.

8-2 Influence de la température

Nous avons cherché à préciser l'influence de la température sur l'évolution du nombre de germes afin d'obtenir des indications sur les conditions (temps et température) à respecter au niveau de la fabrication et de la distribution des plats préparés. Pour cela nous avons regroupés des résultats obtenus à partir de contrôles bactériologiques de denrées entreposées à diverses températures (au sol ou en vol) et des résultats bibliographiques concernant un produit particulièrement sujet à l'altération bactériologique : le lait.

8-21 Résultats

Tableau n° 3-1 : Vitesse de croissance de la population bactérienne à diverses températures

Nature de la denrée	Température	Accroissement logarithmique horaire du nombre de germes totaux par gramme		
			minimum	maximum
Epinards	4	0,02		
Gammes de plats préparés	4		0,015	0,04
Contrefilet de boeuf	10	0,05		
Lait*	10		0,02	0,07
Lait*	15,5		0,08	0,11
Gamme de produits divers	17-18		0,08	0.12
Gamme de plats préparés	18-20		0,11	0,16
Contrefilet de boeuf	20		0,04	0,24
Epinards	21		0,27	0,34
Contrefilet de boeuf	25		0,12	0.48
Epinards	26		0,26	0,45

* HAMMER (22)

Les résultats du tableau n° 3-1 permettent de tracer (figure n° 3-2) une courbe moyenne de l'évolution de l'accroissement logarithmique horaire en fonction de la température et d'estimer l'ordre de grandeur de la multiplication bactérienne pour un plat préparé conservé à une température donnée.

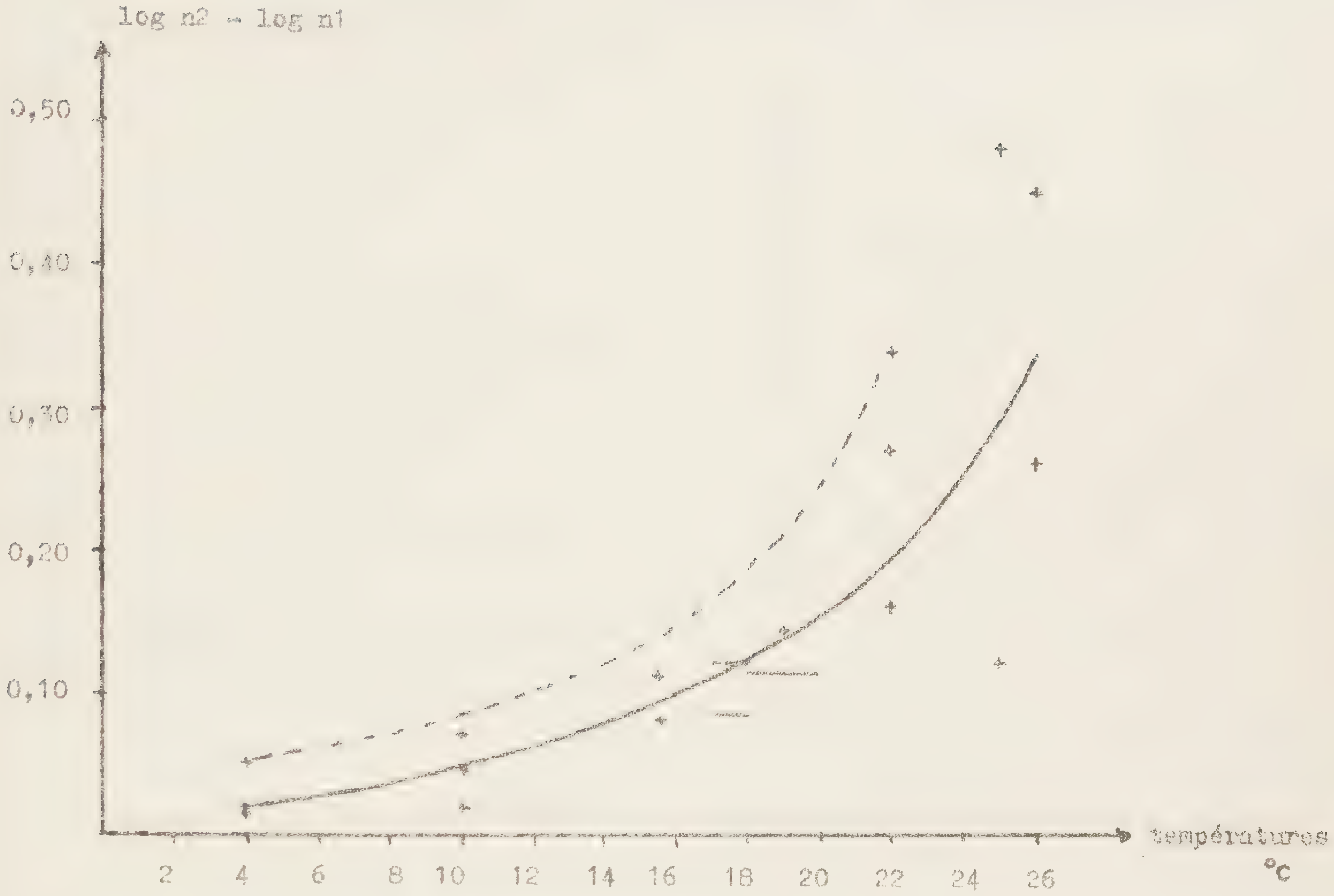


Figure n° 3-2 : Accroissements logarithmiques horaires des germes totaux pour diverses températures

3-22 Allure des courbes de croissance

L'influence de la température varie selon la nature du substrat et la composition de la population bactérienne ; l'évolution du nombre de germes totaux contenu dans un produit placé à une température donnée varie selon la nature de ce produit.

a) épinards

Après décongélation (24 heures à +4°C) des assiettes d'épinards sont placées à +26°C, +21°C et +4°C ; le nombre de germes contenus dans le lot placé à +4°C reste stationnaire. Dans les deux autres cas on observe une augmentation rapide du nombre de germes (figure n° 3-3).

Ces courbes de croissance sont du type de celles que l'on obtient avec une souche pure : les différentes bactéries contenues dans les épinards ont un comportement homogène tout se passe comme si les épinards ne contenaient qu'un seul type de bactéries dont la température optimum de croissance était plus proche de 26°C que de 20°C.

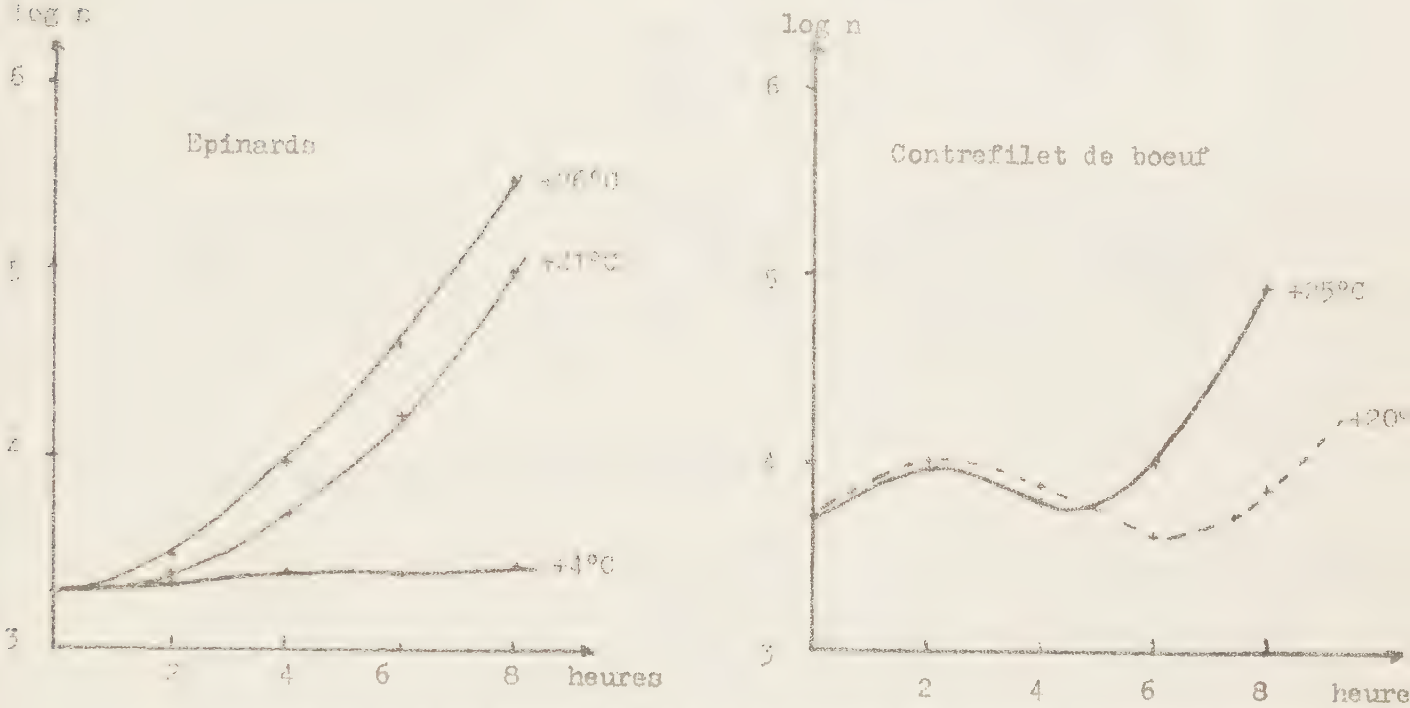


Figure n° 3-3 et figure n° 3-4 : Evolution du nombre de germes totaux à diverses températures

b) contrefilet de boeuf

Après décongélation, cuisson et refroidissement à +4°C, le contrefilet est tranché, on constitue 2 lots que l'on place à [redacted] +20°C et +25°C.

Les courbes de croissance des deux derniers lots (figure n° 3-4) montrent une légère augmentation du nombre de germes suivie d'une diminution puis d'une phase de multiplication intense.

Nous pouvons expliquer ce phénomène en considérant qu'il y a succession au cours du temps de deux types de populations bactériennes.

- Au cours de la montée en température la première colonie rencontre des conditions favorables à son extension et le nombre total de germes augmente,
- la croissance de cette colonie est ensuite freinée pour des raisons liées aux nouvelles conditions de température et à la présence d'autres germes qui, à leur tour, commencent à se développer et de ce fait inhibent les précédents. Cette période de transition se traduit par une augmentation du taux de mortalité sans qu'il y ait pour autant une augmentation du rythme des divisions d'où une décroissance du nombre de germes totaux.
- Au cours de la phase ascendante qui suit, le deuxième type de colonie devient majoritaire et se développe librement.

Si l'on considère l'affinité thermique des populations bactériennes du boeuf et des épinards (23) :

	Proportion de germes	
	mésophiles	psychrophiles
épinards surgelés	99 %	-
boeuf	10 %	90 %

On peut estimer que l'allure des courbes de croissance dépend essentiellement des quantités initiales de germes psychrophyles et mésophiles ; dans le cas des épinards on observe la croissance d'une seule population composée de germes mésophiles ; pour le boeuf, la première population est psychophile et la seconde mésophile.

8-3 Influence de l'humidité relative

Pour des valeurs de φ comprises entre 0,73 et 0,93 et des vitesses de ventilation de : 0 - 0,2 - 2 et 30 cm/s, il n'a pas été possible de mettre en évidence de différences significatives dans la vitesse de multiplication des germes pendant les quatre premiers jours de conservation. La perte en eau est toujours inférieure à 15 % (tableau n° 2-1) et on peut penser que l'humidité relative varie peu à la surface des produits.

Par contre lorsque la dessiccation est importante (de l'ordre de 40 %) l'humidité relative décroît à la surface du produit : des plats placés à +4°C en réfrigérateur ménager, sans emballage, ne présentaient aucun signe apparent d'altération microbienne (pas d'odeur putride, pas de colonie apparente) après 7 jours de conservation.

Les mêmes produits, placés à +4°C sous emballage individuel imperméable présentent après 3, 4 ou parfois 5 jours de conservation, les signes d'une altération microbienne évidente : moisissures sur les tomates, colonies bactériennes très visibles sur la gélatine d'enrobage des viandes et poissons, couleur verdâtre des viandes, odeurs putrides ...

L'emballage imperméable individuel de l'assiette est une paroi froide sur laquelle vient se condenser l'eau extraite du produit. Les goutelettes d'eau grossissent, retombent sur le produit ;

se chargent en substances solubles et constituent de ce fait des bouillons de cultures. Pour un produit dont l'humidité relative de surface est, par

exemple, de 97 %, ces gouttelettes constituent des îlots dont l'humidité relative correspond à la saturation, ce qui permet aux germes de se développer à un rythme plus élevé.

Lorsque les produits sont placés dans les armoires non ventilées, la vapeur d'eau se condense sur les parois et on peut facilement éviter la retombée des gouttelettes sur les plats. A quelques exceptions près, nous n'avons pas observé les signes de l'altération microbienne lorsque les plats étaient maintenus 4 jours dans des armoires non ventilées.

8-31 Conséquences

Pour éviter les altérations de l'aspect, la perte en eau doit être inférieure à 1,5 % ; pour obtenir une stabilisation de la qualité bactériologique la perte en eau devrait être de l'ordre de 40 à 50 % ; il semble donc impossible de choisir une solution de compromis, la seule solution possible consiste à respecter l'aspect (perte inférieure à 1,5 %) et à examiner si, dans ces conditions, l'évolution de la qualité bactériologique est suffisamment ralentie par l'abaissement de la température pour permettre une conservation de 3 jours.

8-4 Evolution de la qualité bactériologique au cours de la conservation

A partir des résultats de 18 lots (9 viandes, 4 poissons, 4 légumes, 1 oeuf) conservés à +3°C en armoire dont l'atmosphère est renouvelée 2 fois/heure grâce à un courant d'air (v = 0,2 cm/s) d'humidité relative égale à 90 %, nous avons établi les courbes de croissance moyenne des populations bactériennes (figure n° 3-5).

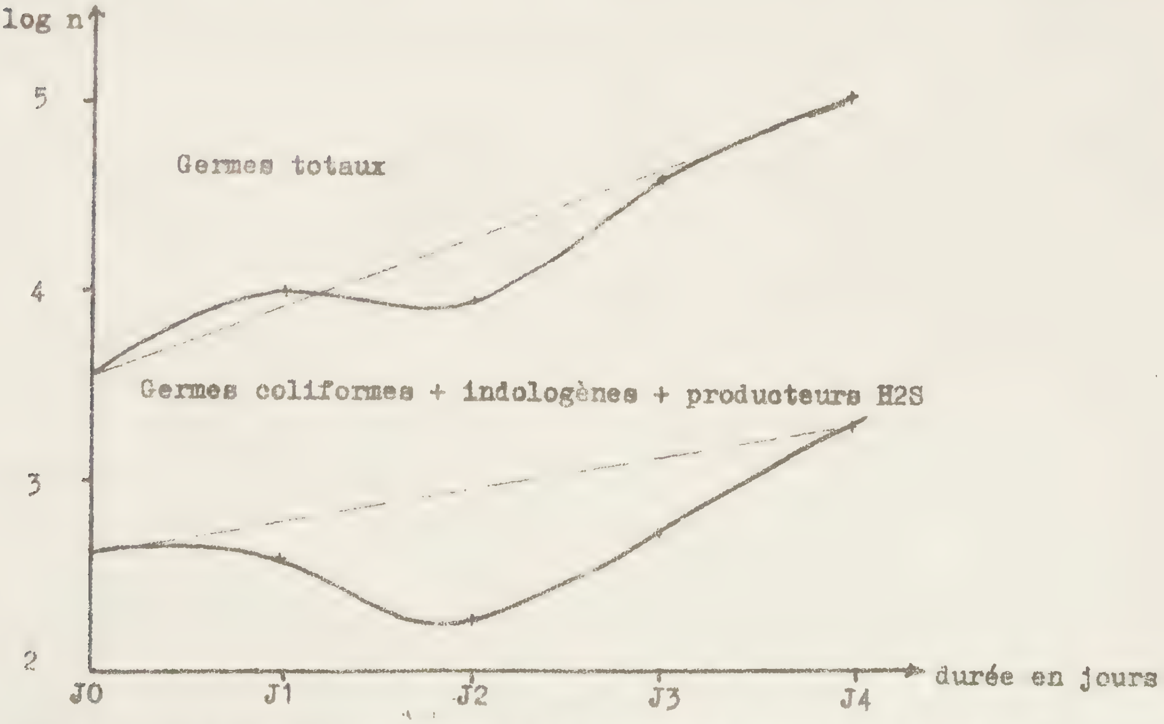


Figure n° 3-5 : Evolution moyenne du nombre de germes au cours du stockage frigorifique des plats préparés (+3°C)

8-41 Germes totaux

La courbe de croissance des germes totaux se décompose en 3 parties :

- au cours du premier jour de conservation l'accroissement logarithmique est de 0,40 ; cette augmentation est due principalement à la poursuite du développement bactérien précédant la baisse de température,
- au cours du deuxième jour, la courbe présente un palier, le développement du premier jour s'est ralenti, tout se passe comme dans le cas du contre-filet (figure n° 3-4),
- la véritable croissance des germes se situe après le deuxième jour ; l'accroissement logarithmique est de 0,64 le 3ème jour et 0,47 le quatrième.

L'accroissement moyen de la population (représenté par une droite pointillée) correspond à une augmentation quotidienne de 136 %, tout se passe comme si les germes se divisaient une fois toutes les 19 h 30, l'accroissement logarithmique est de 0,37 par jour.

8-42 Germes coliformes, indologènes et producteurs d'H2S

La courbe de croissance de l'ensemble de ces germes est du type de celle des germes totaux. La vitesse moyenne de croissance, calculée sur 4 jours est inférieure à celle des germes totaux, l'accroissement logarithmique est de 0,16 par jour.

Par conséquent les conditions de conservation pratiquées ne favorisent pas le développement des germes plus aptes à incommoder le passager.

8-43 Durée moyenne de conservation

Les courbes de croissance permettent de déterminer la durée de conservation en fonction de la qualité bactériologique du plat préparé avant conservation et de la qualité finale désirée (tableau n° 3-6) :

Germes totaux	Durée moyenne de conservation admissible (en jours)	Germes Coliformes + Indologènes + Producteurs H2S
Numération finale max : 100.000 germes/g		Numération finale max : 300 germes/g
Numération initiale		Numération initiale
3.500 germes/g	4	70 germes/g
10.000 "	3	230 "
22.000	2	300 "
32.000 "	1	300 "

Tableau n° 3-6 : Estimation de la durée de conservation (les valeurs indiquées sont des valeurs moyennes car la vitesse de multiplication varie selon la nature du produit conservé)

8-5 Influence de la nature du produit

Les germes contenus dans la majorité des plats étudiés présentent une courbe de croissance voisine de la courbe moyenne de la figure n° 3-5. La figure n° 3-7 représente l'évolution des germes totaux du saumon, du contrefilet de boeuf, du veau, des légumes appertisés et du poulet. Ces courbes se caractérisent toutes par une diminution du nombre de germes au cours de la deuxième journée d'entreposage ; la véritable phase exponentielle commence à partir du deuxième jour.

Nous expliquons l'allure de ces courbes par le fait que la population est composée à la fois de germes mésophiles et cryophiles, au cours de la préparation en cuisine l'élévation de température favorise le développement des germes mésophiles ; ce développement se poursuit au cours des premiers temps de l'entreposage puis décroît, par la suite les germes psychrophiles deviennent majoritaires et entrent dans leur phase exponentielle.

Ceci n'exclue pas l'influence d'autres facteurs, en particulier celui de l'enrobage de gélatine dans le cas du saumon, du veau et du contrefilet. On sait que les germes sont essentiellement situés à la surface des produits la présence de gélatine place ces germes dans des conditions nouvelles et peut provoquer un ralentissement temporaire du rythme des divisions, ce ralentissement peut être dû à la raréfaction momentanée de la tension en oxygène à la surface des tranches, ou bien constituer une période d'adaptation des bactéries à utiliser le substrat que constitue la gélatine.

Cependant si l'on analyse séparemment la viande et la gélatine d'enrobage (25), on observe une évolution similaire du nombre des germes totaux ; en conséquence on peut estimer que la gélatine a peu d'effet sur l'allure de la courbe de croissance des germes.

Toutes les courbes de croissance ne se calquent pas exactement sur les modèles précédents.

Dans le cas du poulet (figure n° 3-7) le profil de la courbe de croissance est le même mais après 4 jours de conservation le nombre de germes n'a pas encore dépassé sa valeur du premier jour de la conservation. La deuxième colonie rencontre un obstacle à son développement.

En effet on sait que la vitesse de développement d'une colonie bactérienne dépend de la densité initiale de la population, au delà d'une densité optimum la surpopulation entrave la vitesse de multiplication, à l'opposé lorsque les germes sont trop peu nombreux la colonie tarde à se développer et peut même péricliter.

D'après CROCKER le poulet contient, avant cuisson, 35 % de germes mésophiles (contre 10 % pour le contrefilet) ; d'autre part le poulet contient à l'origine moins de germes que le contrefilet ; ces deux raisons expliquent la stabilisation de la qualité bactériologique du poulet.

Les légumes crus (tomates, laitue, concombres, persil) ont une teneur en germes initiale élevée mais leur population évolue peu pendant les trois premiers jours de la conservation (figure n° 3-8) ; la phase de multiplication est amorcée vers la fin du troisième jour. Au stade de la production les légumes sont peuplés par les bactéries du sol ; les tissus vivants s'opposent à l'attaque des microorganismes ; cette résistance décroît lorsque les cellules meurent.

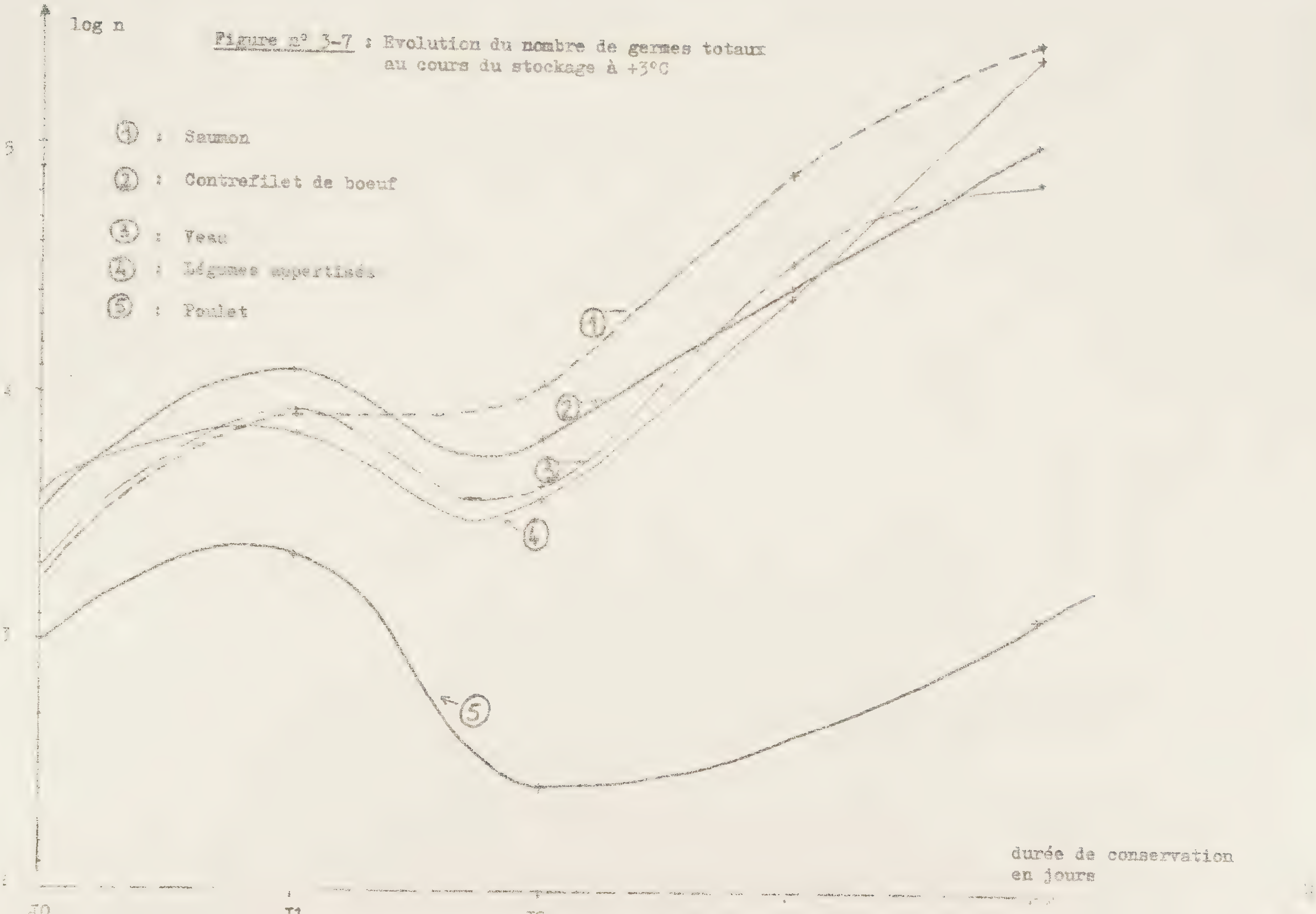


Figure n° 3-7 : Evolution du nombre de germes totaux au cours du stockage à +3°C

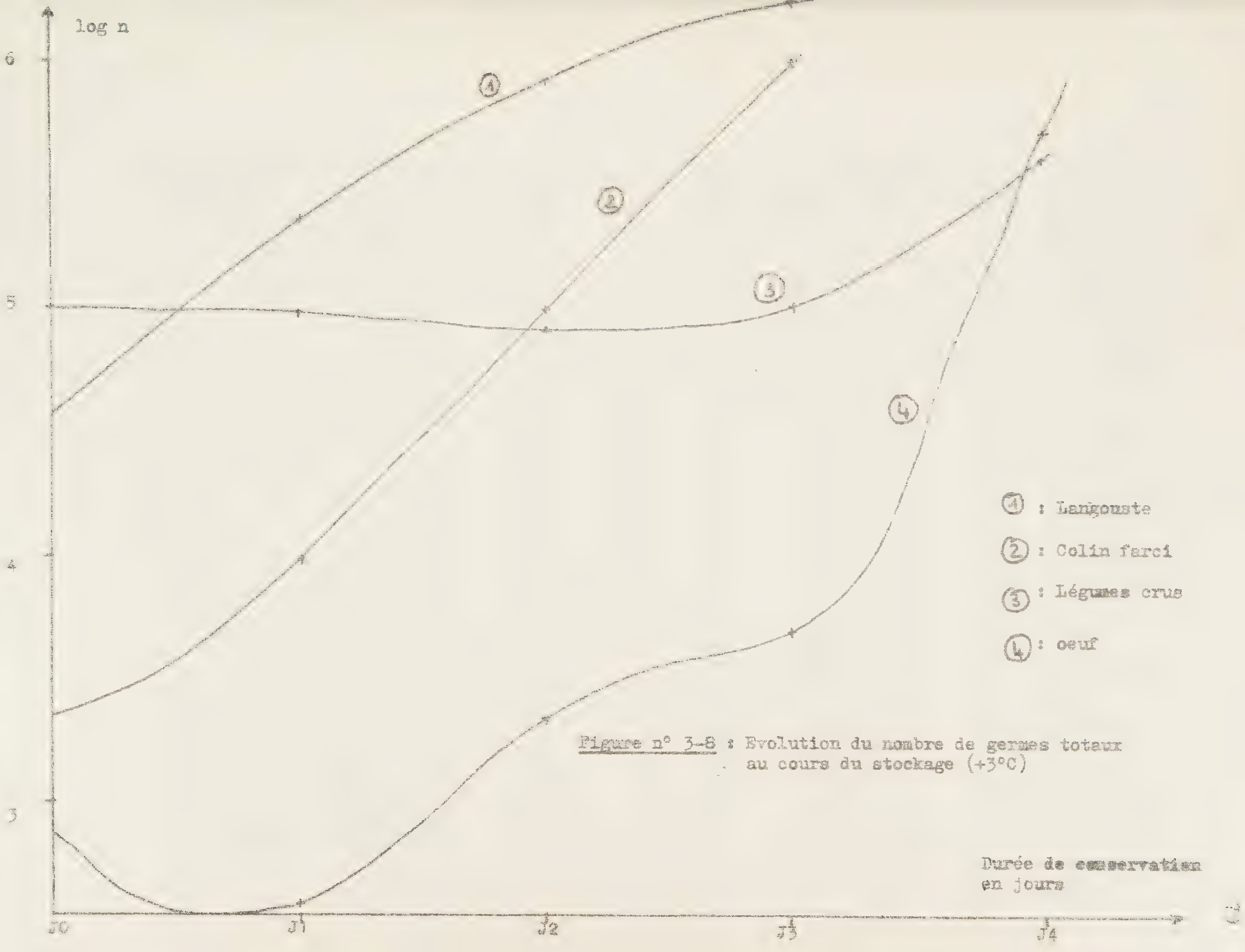


Figure n° 3-8 : Evolution du nombre de germes totaux au cours du stockage (+3°C)

Pour des produits sains, la mort des cellules débute à l'instant du tranchage et se poursuit progressivement au cours de la conservation. Nous pouvons admettre que la partie linéaire de la courbe de croissance des germes correspond à l'existence de cellules vivantes en nombre suffisant pour présenter une certaine résistance aux microorganismes, la phase de croissance, par contre, est consécutive à une nécrose partielle des tissus.

D'autre part on peut penser que la phase linéaire correspond également à une période de latence des germes cellulolytiques nouvellement ensemencés au cours du tranchage.

Les courbes de croissance des germes du colin farci et de la langouste (figure n° 3-8) indiquent un rythme de multiplication rapide. Dans le premier cas il s'agit d'un produit complexe composé de colin et de poissons hachés ; le rythme des multiplications est pratiquement constant. L'accroissement logarithmique moyen est de 0,86 par jour soit près de 3 fois plus que la moyenne. Le colin farci constitue un bon milieu de culture, la farce est souvent très riche en bactéries car sa préparation comporte un hachage.

Dans le cas de la langouste le nombre initial de germes est élevé (30.000 germes/g), la phase initiale de croissance se déroule pendant la préparation (décorticage, éviscération, parage, tranchage, glaçage).

De part leur milieu naturel la population de ces deux produits est essentiellement constituée de germes psychrophiles ce qui peut expliquer l'augmentation régulière du nombre des germes totaux.

Dans le cas des oeufs cuits dur, on obtient une courbe de croissance originale : après une légère diminution du nombre de germes le premier jour, on observe deux augmentations successives ; dans ce cas on peut estimer que les populations du jaune et du blanc de l'oeuf n'évoluent pas simultanément.

Nous n'avons pas cherché à étudier l'évolution de la qualité bactériologique de toutes les denrées car, contrairement aux qualités organoleptiques, seuls les éléments principaux du plat préparé (ceux dont les portions sont les plus abondantes) modifient de façon sensible la qualité globale du plat : bien que le persil contienne souvent plusieurs millions de germes par gramme, son influence sur la qualité du plat est secondaire car les quantités utilisées sont faibles (de l'ordre du gramme).

Nous avons vérifié que la qualité bactériologique des principaux éléments (gigot d'agneau, foie gras mi-cuit en tranche, pâté en croûte, langue de boeuf, jambon) était voisine de la qualité moyenne ; certaines denrées, déjà citées à propos des qualités organoleptiques ont fréquemment une mauvaise qualité, il s'agit de la mousse de foie gras et de la crème pâtissière ; cela constitue une raison supplémentaire pour exclure ces produits des lots destinés à la conservation.

6-51 Conclusion sur l'influence de la nature du produit

La réfrigération à +3°C ralentit la croissance des germes, l'accroissement logarithmique moyen est de 0,37 par jour pour les quatre premiers jours de conservation.

Si l'on considère les courbes de croissance relatives aux différents produits, on constate que la vitesse de multiplication varie au cours de la conservation, ce phénomène est lié à l'hétérogénéité de la population et, en particulier, à la présence simultanée de germes psychrophiles et mésophiles ; de ce fait la vitesse moyenne de multiplication varie selon la qualité bactériologique initiale du plat préparé.

On peut classer les denrées en trois catégories d'après leur comportement au cours des trois premiers jours de conservations,

- produits dont la qualité bactériologique est stable : légumes crus, poulet
- produit à évolution moyenne : veau glacé, contrefilet glacé, légumes appertisés, saumon glacé, oeuf
- produit à évolution rapide : colin farci, langoustes glacées.

Conclusion sur l'évolution des qualités des plats préparés

Placés à +3°C dans des armoires contenant 7 plateaux-repas, dont l'atmosphère est renouvelée 3 fois/heure grâce à un courant d'air d'humidité relative φ = 0,90, la majorité des plats préparés présentent après trois jours de conservation des qualités organoleptiques et bactériologiques acceptables.

Cependant, sur 100 plats conservés trois jours on enregistre 31 refus pour une altération organoleptique et moins de 8 refus d'ordre bactériologique (lorsque le nombre initial de germes est inférieur à 10.000/g) ; ces produits ne supportent pas trois jours de conservation parce que leur qualité initiale est insuffisante ou (et) parce que leurs qualités s'altèrent rapidement, parmi eux :

- certains ne peuvent pas supporter un seul jour de conservation : mousse de foie gras, beurre moutardé, éclair
- d'autres peuvent supporter trois jours de conservation sous réserve
  - d'une amélioration des qualités initiales

    organoleptiques : veau, jambon fumé, laitue
    bactériologiques : colin, langouste
  - d'une amélioration des conditions de fabrication : contrefilet, gigot, veau
  - d'un conditionnement particulier : gâteaux secs.

QUATRIEME PARTIE

POSSIBILITES D'APPLICATION DU PROCEDE DE CONSERVATION

Les données expérimentales que nous venons de presenter ne permettent pas à elles seules, de résoudre tous les problèmes que l'on peut rencontrer au niveau de l'application industrielle ; il est nécessaire d'acquérir des informations nouvelles sur les conditions de préparation, de conservation et de distribution, et leur influence sur les qualités des plats préparés.

Si nous reprenons la formule exprimant la durée de conservation (cf. § V)

$$D = \frac{I - X - Z - F}{y}$$

on voit que D ne peut être déterminé sans la connaissance :

- de F, qualité minimum, choisie en première partie (§ n° 2-13 et 2-25)
- de Y, évolution de la qualité au cours d'une journée de conservation ; sa valeur a été déterminée au cours de la deuxième partie et troisième de ce travail
- de I, qualité initiale des matières premières, X et Z, évolutions de la qualité au cours de la fabrication et de la distribution. I, X et Z sont des inconnues ; nous chercherons à situer les valeurs limites de ces variables, compatibles avec l'existence d'une étape de conservation, et à dégager les contraintes qui en résultent.

9-1 Essais semi-industriels

Le passage direct du stade expérimental (conservation de 28 plateaux) au stade industriel (conservation de 50.000 plateaux) risquerait d'être désastreux dans la mesure où certains facteurs peuvent ne pas être estimés à leur juste valeur.

Du point de vue de la technique frigorifique, il paraît dangereux de baser un projet d'installation industrielle sur une extrapolation de l'expérimentation effectuée.

S'il est facile en effet de calculer les capacités de chambres froides en fonction du volume des plats à conserver ... les vitesses de ventilation et puissances frigorifiques ne peuvent être estimées que très approximativement. Un calcul précis nécessiterait la connaissance de paramètres (coefficients de transferts de chaleur et de vapeur d'eau par exemple) qui peuvent être mesurés sur des échantillons homogènes, de forme géométrique simple, mais qui sont totalement inaccessibles dans le cas des plats préparés.

Par ailleurs il paraît souhaitable de vérifier à une échelle intermédiaire d'abord que les conditions industrielles d'élaboration des plats préparés leur permettent d'atteindre le niveau de qualité nécessaire pour qu'ils puissent supporter la conservation.

Les essais semi-industriels devraient permettre en particulier :

- de vérifier que certaines des conditions de conservation que l'expérimentation a déterminé comme optimales (ventilation - humidité relative) conviennent à l'échelle industrielle, et de déterminer celles qui n'ont pu être atteinte dans l'expérimentation (mode de refroidissement),
- de vérifier si les données expérimentales concernant l'évolution des qualités bactériologiques et organoleptiques sont modifiées par les conditions industrielles,
- de choisir le mode de conditionnement des plats à l'intérieur de la chambre froide,
- de déterminer les différentes procédures à respecter dans le fonctionnement et l'entretien des installations.

En attendant la mise en route de ces essais nous pouvons envisager certaines des questions que pose l'application industrielle de la conservation.

9-2 Influence de la qualité initiale des matières premières et des conditions de traitement sur la qualité bactériologique des plats préparés

Pour illustrer l'effet de I, X et Z sur la qualité du plat préparé nous allons envisager un type de production classique comportant, après fabrication, une étape de stockage réfrigéré dont la durée n'excède pas 20 heures. A partir des données obtenues nous chercherons à déterminer I, X et Z dans le cas d'une production, type Roissy, comportant une conservation de trois jours.

9-21 Type classique

Nous avons représenté le diagramme de fabrication (figure n° 4-1) des aliments ; les conditions thermiques dans lesquelles ils sont placés (figure n° 4-2) et l'évolution de la qualité bactériologique (en pointillé sur la figure n° 4-2).

Vu la diversité des préparations culinaires,des graphiques moyens portant sur l'ensemble des plats préparés risquent d'être dépourvus de signification ; aussi nous avons préféré établir les figures (n° 4-1 et 4-2) à partir des donnees que nous possédions sur un produit assez représentatif de l'ensemble des préparations : le contrefilet de boeuf.

a) évolution de la qualité bactériologique n° 4-2

La qualité bactériologique est optimum après la cuisson car la plupart des germes ont été détruits. Par la suite, on note plusieurs élévations successives du nombre de bactéries :

- la première, A, située juste après cuisson ; le nombre de germes est alors de 200/g,
- la seconde, B, très marquée, au cours du tranchage et du glaçage ; le produit contient alors plusieurs dizaines de milliers de germes au gramme,
- la dernière, C, commence au moment du montage des plateaux et se poursuit jusqu'à la consommation ; le nombre des germes est de plusieurs centaines de milles au gramme.

b) influence de la température

Chaque fois que la température reste supérieure à +10°C on observe un accroissement de population.

L'élévation A est due au développement des germes qui subsistent après cuisson et qui rencontrent, au cours du refroidissement une zone de température propice à la multiplication.

L'accroissement B est dû à l'élévation de température au cours du tranchage, du glaçage et du montage de l'assiette. Si l'on considère que la température des tranches atteint 16°C et que les diverses opérations durent 4 heures (maximum) l'accroissement logarithmique calculé à partir des données de la figure n° 3-2 est de $0,10 \times 40 = 0,40$ or, pour cette même période, l'accroissement réel observé est voisin de 2,0. Cet écart est la preuve d'une contamination extérieure importante, dans le cas présent il y a apport de 30.000 germes, environ, par gramme de produit.

L'accroissement C est consécutif au réchauffement des plats au cours du transport, l'élévation de température est plus nette aux saisons chaudes et vice versa. Dans le cas présent le contrefilet a été maintenu 10 heures à une température voisine de 16°C, l'accroissement logarithmique calculé $(0,10 \times 10)$ est voisin de l'accroissement observé.

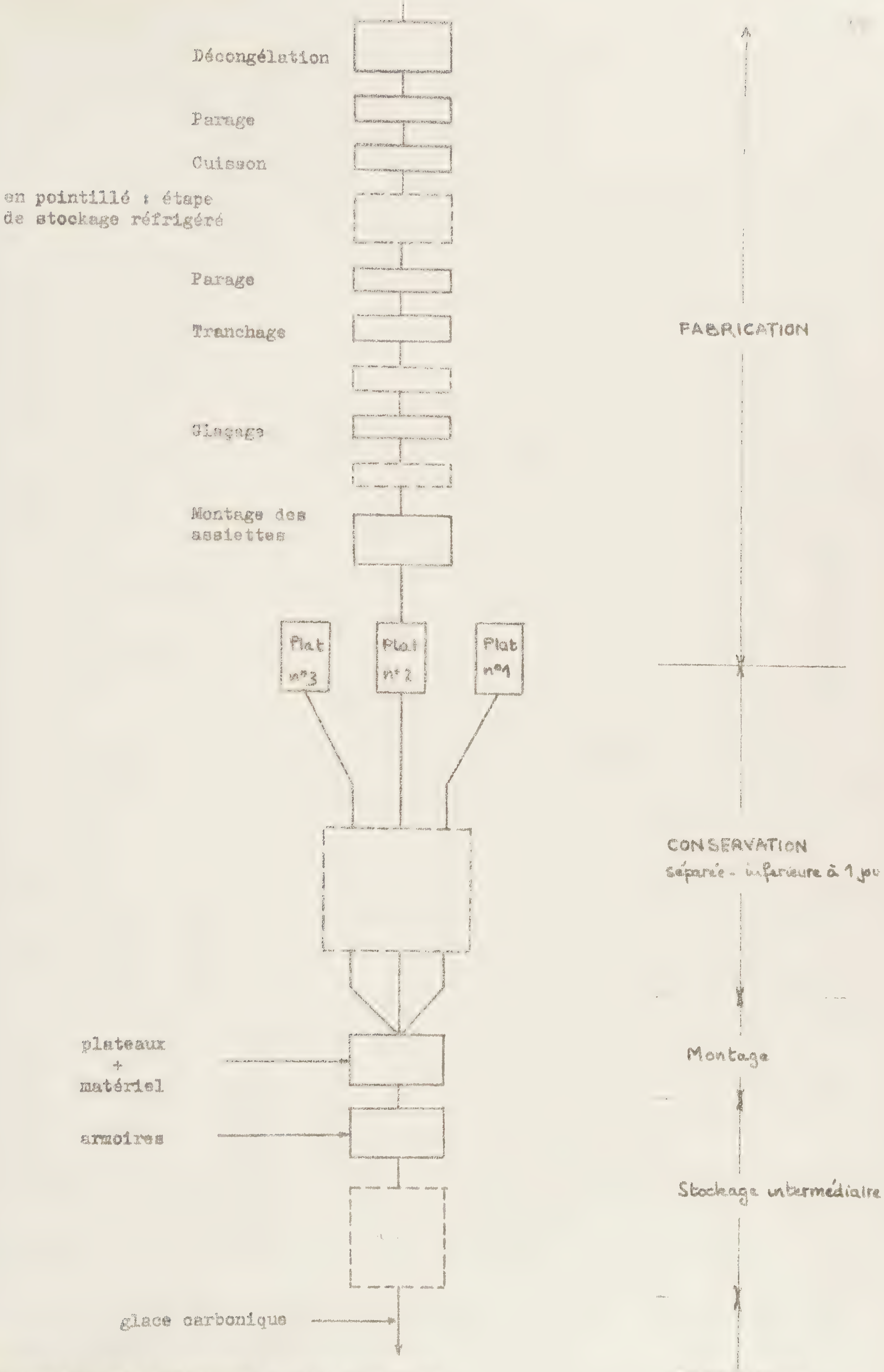
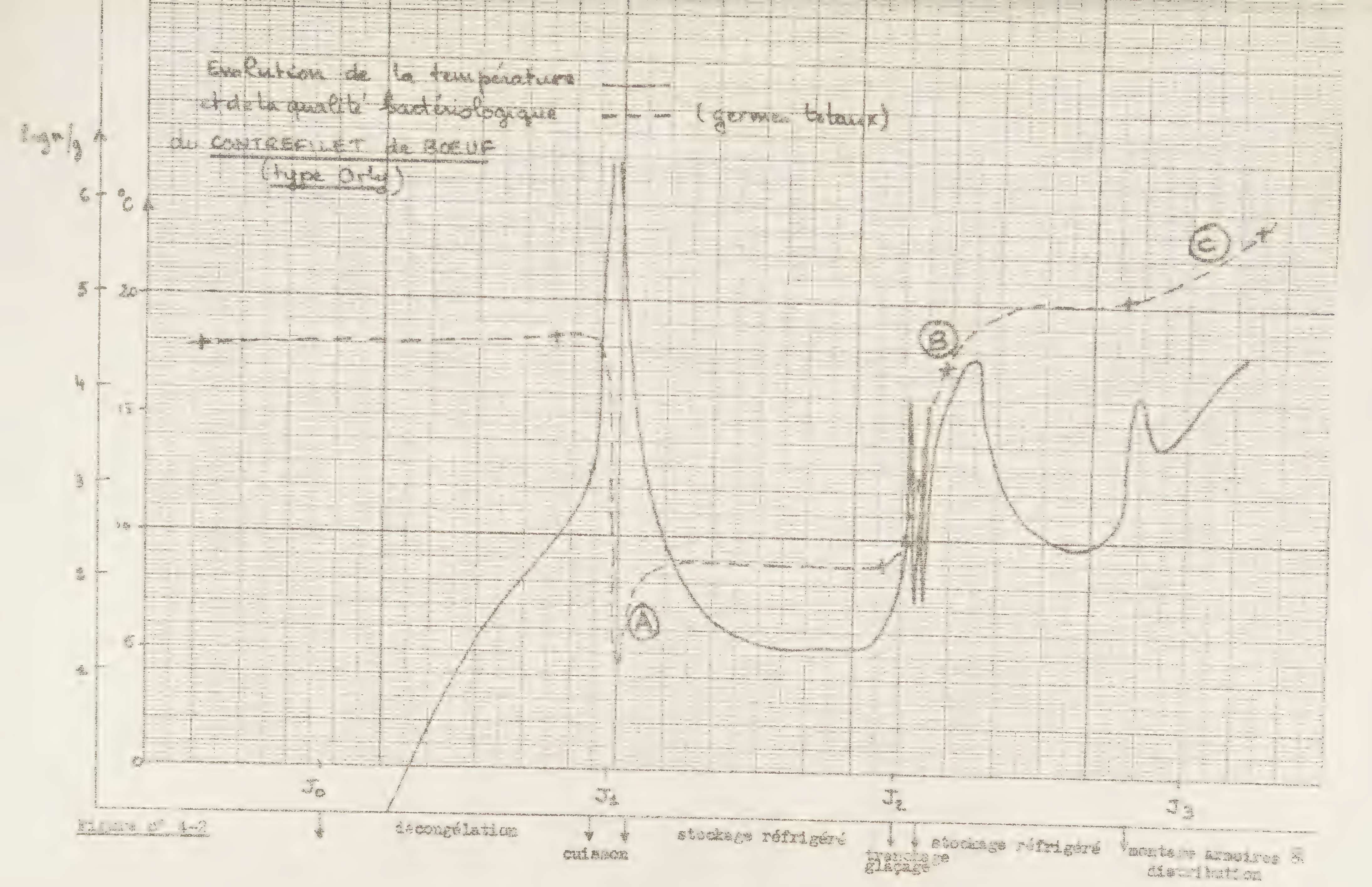


Figure n° 4-1 : Diagramme : type classique



Evolution de la température
et de la qualité bactériologique — — — (germes totaux)
du CONTREFILET de BOEUF
(type Orly)
log n/g
°C
6
5
4
3
2
1
20
15
10
5
0
A
B
C
J0
J1
J2
J3
décongélation
cuisson
stockage réfrigéré
tranchage
glaçage
stockage réfrigéré
montage armoires de distribution

Figure n° 1-2

c) contaminations

La contamination au cours des opérations de tranchage-glaçage est due à la présence de bactéries sur les objets qui entrent en contact avec le produit (mains, couteaux, planche à trancher, grilles, gélatine ...). Le transfert de germes est d'autant plus efficace que la surface de contact est importante, or au moment du tranchage il y a création d'une surface 10 à 100 fois plus grande pour un poids donné de produit ce qui signifie, pour les bactéries :

- 10 à 100 fois plus de chances de se fixer sur le produit
- 10 à 100 fois plus de place pour se multiplier

L'augmentation de surface favorise également les transferts de chaleur : sortie du réfrigérateur, une tranche de boeuf se réchauffe plus rapidement qu'un rôti dont la température à coeur varie très lentement en raison de l'épaisseur du morceau.

Par conséquent les germes nouvellement placés à la surface des tranches rencontrent immédiatement les conditions favorables à leur développement.

9-22 Type Roissy

Dans l'hypothèse d'une étape de conservation, nous ne pouvons pas espérer obtenir une qualité bactériologique finale meilleure, car un stockage à +3°C entraîne un accroissement logarithmique de 0,37 x 3 = 1,11 ; toutes choses étant égales, exceptées la durée et la température du stockage, nous obtiendrions un nombre de germes de plusieurs millions par grammes donc largement supérieur à la limite de 100.000 germes/g que nous avons choisie.

Pour respecter cette limite, tout en pratiquant une conservation de trois jours. Il est nécessaire de réduire l'accroissement de la population bactérienne au cours de la fabrication (tranchage, glaçage) et de la distribution (il semble difficile de diminuer le nombre de germes juste après cuisson).

a) accroissement du nombre de germes tolérable au cours de la fabrication et de la distribution

Pour une qualité initiale, après cuisson, de 200 germes/g (log 200 = 2,30) et une qualité finale de 100.000 germes/g (log 100.000 = 5) on peut admettre une multiplication du nombre initial de germes par 500 soit un accroissement logarithmique de 2,70.

Sachant que trois jours de réfrigération entraînent un accroissement logarithmique de 1,11 on en déduit que l'accroissement résultant des opérations de fabrication et distribution ne doit pas dépasser 2,70-1,11=1,59 ; autrement dit, ces deux opérations peuvent entraîner au maximum, une multiplication par 39 du nombre de germes (1,50 ≠ log 39).

b) <u>choix des conditions de fabrication et de distribution</u>

Le facteur de multiplication, égal à 39 est donc le produit des facteurs de multiplication relatifs à la distribution et à la conservation ; on peut donc choisir de différentes façons ces deux facteurs par exemple : 3 et 13 ; 4 et 9,75 ; 5 et 7,8 etc. dans tous les cas le produit doit être inférieur ou égal à 39.

On sait (figure n° 3-2) qu'un abaissement du facteur de multiplication (ou de son logarithme) correspond à une diminution de la température du produit ou à une diminution de la durée de l'opération. Dans le cas de la distribution, la durée imposée est de l'ordre de 4 heures, la température imposée (température de dégustation) doit être voisine de 15°C. Dans ces conditions, si on estime que la température moyenne des plats est de 10°C au cours de la distribution l'accroissement logarithmique calculé est de 0,05 × 4 = 0,20 soit un facteur de multiplication de 1,6.

L'accroissement logarithmique du nombre de germes au cours de la fabrication doit être inférieur à 1,59 - 0,20 = 1,39 (1.39 ≃ log 24). Cela signifie que la population peut passer de 200 germes par gramme à :

200 × 24 = 4.800 germes/g.

En l'absence de toute contamination on pourrait donc pratiquer la fabrication en 4 heures à une température de l'ordre de 22°C mais, en fait, on sait que cet apport de 4.800 germes/g peut être uniquement dû à un apport de germes extérieurs. Par conséquent on est tenu d'opérer une fabrication de courte durée et de maintenir le produit à basse température.... à moins que toute contamination soit effectivement écartée.

Nous avons représenté (figure n° 4-3) les courbes d'évolution de la température et de la qualité bactériologique relative au type "Roissy".

c) <u>prévention des contaminations</u>

Il est facile de voir qu'une augmentation de 30.000 germes/g avant conservation compromet la qualité finale du produit qui dans ce cas contiendrait plus du million de germes par gramme (log 30.000 + 1,11 + 0,20 = 6,08 ≃ log 1.000.000).

Il est donc nécessaire de réduire au maximum les possibilités de contamination.

Notre intention n'est pas d'exposer en détail les mesures permettant de limiter la contamination. Cependant soulignons que la prévention des contaminations doit être traité à un niveau élevé car ses implications portent sur un ensemble de domaines importants :

- la disposition des locaux et leur conditionnement
- l'organisation des circulations internes et externes
- le planning et l'exécution en fabrication
- l'implantation des postes de travail
- le choix des appareils et instruments de travail
- l'entretien et le nettoyage
- la surveillance et le contrôle de la qualité
- l'éducation du personnel.

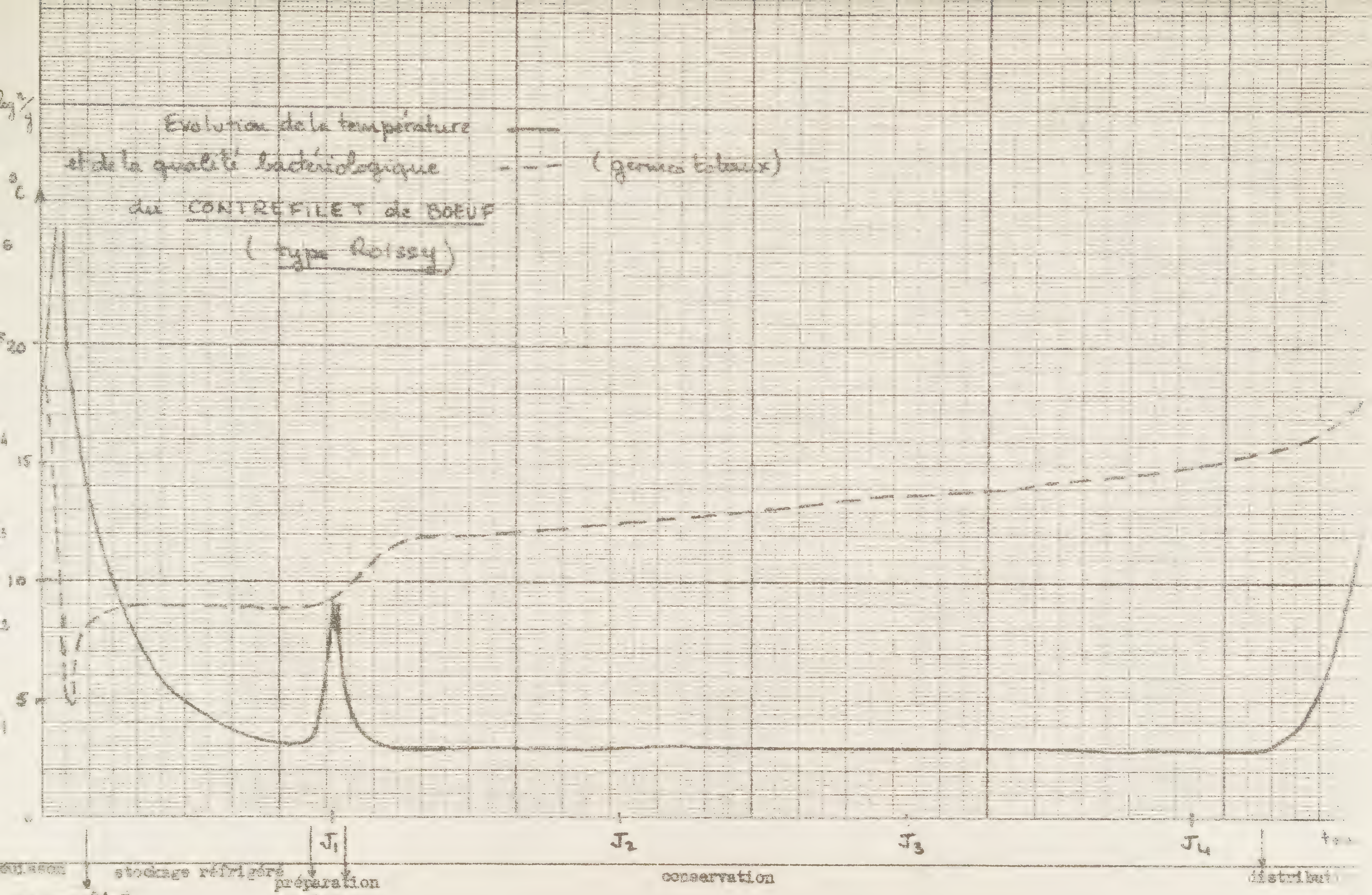

Evolution de la température
et de la qualité bactériologique (germes totaux)
du CONTREFILET de BOEUF
(type Roissy)
°C
20
15
10
5
J1
J2
J3
J4
stockage réfrigéré
préparation
montage
conservation

Figure n°4-3

d) réduction de la durée de fabrication

La réduction des durées d'exposition des plats à température ambiante implique de choisir avec soin la taille des lots de fabrication. Par lot de fabrication, nous entendons un ensemble N d'unités de fabrication (dans le cas présent l'unité correspond au contenu d'une assiette) qui traverse successivement des postes de traitement et des postes de stockage.

Comme chaque unité doit être traitée spécialement, plus le nombre N est important plus le temps de traitement est long et, dans ces conditions la durée de l'exposition à température ambiante est d'autant plus longue.

Plus N est grand, plus le nombre de germes augmente et plus s'accroît la différence de qualité entre les plats de la première heure et ceux de la dernière heure. Il est donc nécessaire de choisir un nombre N petit afin de réduire les temps de traitement ; une production en chaîne serait bénéfique.

9-3 Qualités organoleptiques

Contrairement aux données obtenues sur la qualité bactériologique, il n'est pas possible de suivre l'évolution des qualités organoleptiques au cours de la fabrication car à ce stade le plat n'est pas encore préparé. L'influence de la qualité de la matière première et des conditions de traitement se manifeste au moment de la dégustation.

Le jury estime que 31 % des plats n'ont pas les qualités requises après trois jours de conservation.

Sur 100 plats refusés :

- 16 le sont à cause d'une mauvaise qualité de la matière première
- 26 le sont à cause d'un défaut de fabrication
- 58 le sont pour une altération au cours de la conservation (parmi eux on estime que 34 pourraient être acceptés (veau et contrefilet) en modifiant la conduite de la cuisson.

Ces résultats montrent la nécessité d'obtenir une bonne qualité initiale pour les matières premières et le plat préparé.

9-31 Qualité des matières premières

Il appartient au service "Economat-Réception" de choisir les denrées, de vérifier leur qualité et d'assurer leur entreposage avant de les acheminer en cuisine. Ce service est la principale voie de pénétration à l'intérieur d'un centre et à ce niveau on doit situer une première barrière de protection.

Les responsables doivent examiner la qualité des matières premières et délivrer ou refuser un "certificat de passage". Le niveau de qualité du plat préparé dépend de la sévérité de cet examen : dans le cas des plats préparés en provenance de l'extérieur on peut estimer que la note minimum de dégustation est 7.

Dans le cas des viandes on veillera à ce que le veau soit bien blanc et non rouge pâle car dans ce cas on obtient une couleur grise après cuisson.

Il n'est pas douteux que le service économat-réception joue un rôle très important non seulement dans le maintien de la qualité : en respectant les exigences de chaque type de produit au cours de son entreposage ou son transport, mais aussi dans l'amélioration de la qualité en recherchant les meilleurs produits en liaison avec les acheteurs, le service de production, les fournisseurs et le laboratoire.

9-32 Influence de la fabrication sur les qualités organoleptiques

Les altérations attribuées à la fabrication sont souvent dues à la période d'entreposage après cuisson ; les produits se déssèchent, surtout lorsqu'ils sont de petite taille (poulets) et peuvent s'imprégner d'odeurs désagréables (veau).

Dans le cas de la laitue le mode de lavage influence la durée de conservation : des feuilles meurtries ne supportent pas trois jours de conservation.

Pour la majorité des denrées la fabrication correspond à une période de dessiccation ; toutes les conditions sont requises pour que cette dessiccation soit intense : tranche fraîchement découpées, faible humidité relative de l'air. Après tranchage il n'est pas recommandé de placer les portions dans un réfrigérateur fortement ventilé pour les mêmes raisons.

Là encore, une réduction de la durée d'exposition des plats à l'air ambiant serait bénéfique.

9-33 Influence des conditions de dégustation

Nous avons signalé l'influence des conditions de dégustation sur l'appréciation de la qualité. A ce propos la cabine d'un avion constitue une très mauvaise salle de dégustation car l'humidité relative de l'atmosphère est très faible (variable entre 0,10 et 0,40) et de ce fait, la perception des arômes est réduite). Dans ces conditions il est probable qu'une altération de la saveur ou du goût soit moins bien ressentie lors d'une dégustation en vol.

9-4 Durée de conservation

Valeurs

La décision de procéder, ou non, à une conservation de trois jours des plats préparés doit donc s'appuyer sur les durées de conservation obtenues expérimentalement et sur la probabilité d'obtenir en fin de fabrication un produit de bonne qualité.

Pour ces raisons on doit éviter de conserver un certain nombre de denrées pour lesquelles le risque d'altération est grand :

mousse de foie gras, beurre moutardé, langoustes (et crustacés) colin farci, produits finement hâchés, éclairs.

Pour d'autres denrées, les risques d'altérations sont plus incertains : contrefilet, boeuf, oeuf, laitue, jambon, fruits frais (non étudiés) gigot d'agneau.

Pour la plupart des denrées les risques d'altération sont réduits : saumon pâté en croûte, poulet, langue de boeuf, légumes appertisés, crudités, salami, roulé de volaille, fruits au sirop, petits fours (sous cellophane), foie gras mi-cuit.

Une conservation simultanée de l'ensemble des plats préparés pendant trois jours n'est pas réalisable ; nous avons estimé que la conservation peut s'appliquer à environ 70 % (en poids) de la production totale actuelle des menus froids de classe touriste.

Nous allons envisager quelques schémas de circuits de production comprenant une étape de conservation de trois jours.

9-5 Circuits de production

Dans la mesure où aucune modification du menu n'est envisagée, le fait que certaines denrées ne supportent pas la conservation oblige à dédoubler le circuit de production :

- un circuit court sera réservé aux produits fragiles
- un circuit long comportera une conservation de trois jours

A ce niveau plusieurs hypothèses se présentent :

a) <u>1ère hypothèse</u>

soit on constitue des plateaux-repas homogènes constitués uniquement de plats non conservés ou uniquement de plats conservés, dans ce cas les deux circuits sont indépendants (figure n° 4-4). L'avantage de cette solution est de supprimer toute intervention après conservation (le montage des plateaux est effectué avant conservation) ce qui permet de satisfaire immédiatement les demandes imprévues.

Cependant cette solution a pour inconvénient de compliquer le choix des menus et de réduire leur variété.

b) <u>2ème hypothèse</u>

soit on admet qu'un plateau repas peut comporter à la fois des plats conservés et des plats frais, dans ce cas il faut prévoir une jonction entre les deux circuits (figure n° 4-5).

Cette deuxième solution suppose donc la création d'un poste dont le but est d'assembler sur un même plateau les plats frais et les plats conservés ; elle suppose également l'abandon de la conservation simultanée des différents produits, qui n'a plus lieu d'être, d'où les avantages suivants :

- facilité d'organisation du travail en cuisine : en effet, il n'est plus nécessaire de préparer simultanément les différents plats composant le plateau (augmentation de la rentabilité des installations)

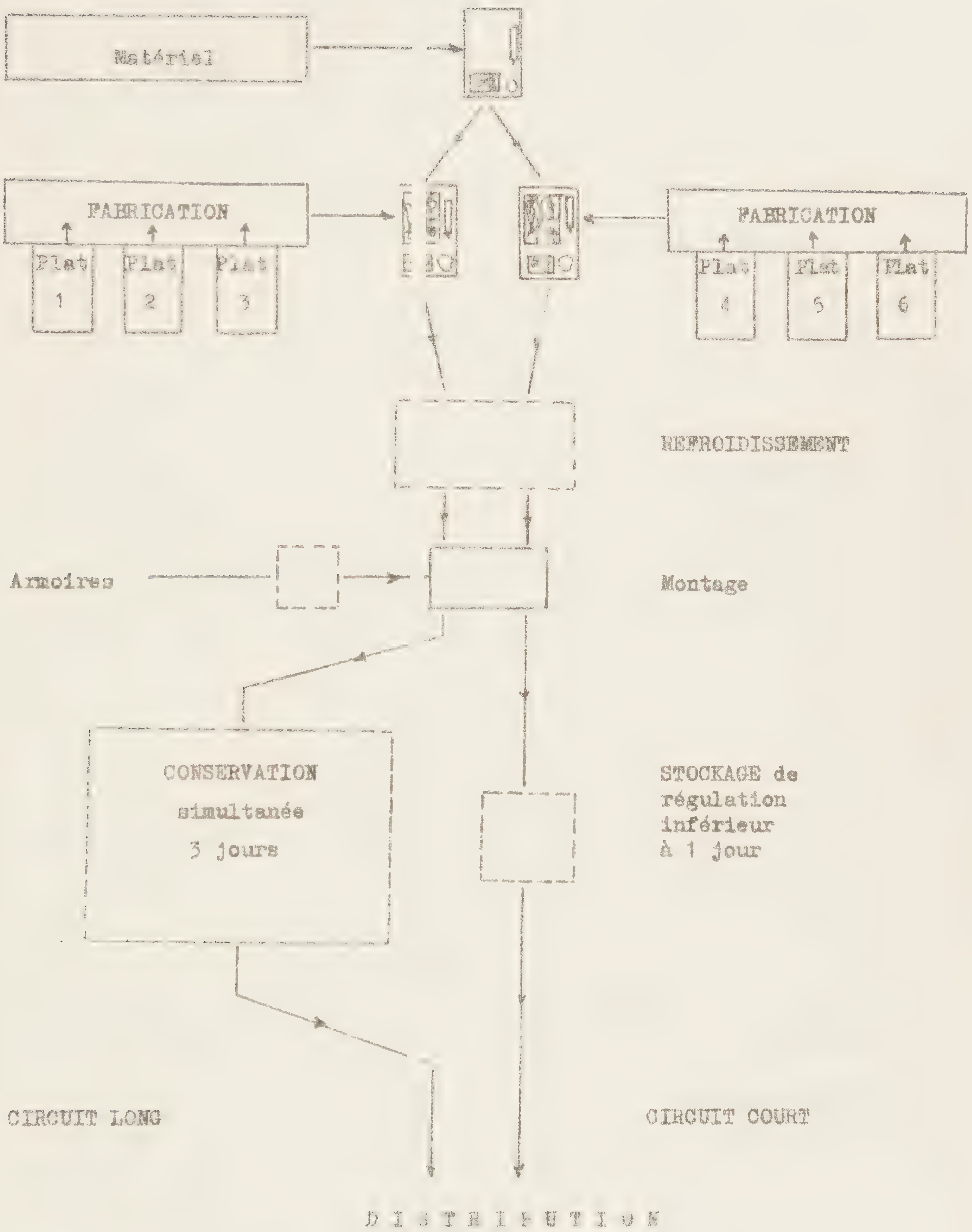
- puissance et capacité frigorifique moindre : seules les denrées consommables sont stockées au froid, le matériel (plateau, couvert, eau, etc.) sont fournis au dernier moment.
- possibilité de modifier le menu prévu : si un lot doit être écoulé rapidement il est possible d'agir immédiatement.

Parmi les inconvénients on note :

- nécessité d'opérer le montage des plateaux rapidement pour satisfaire immédiatement les commandes, donc nécessité de maintenir du personnel en permanence ou d'installer un système de montage automatique
- possibilité de réchauffement au niveau du montage.

On peut également envisager :

- de réduire la durée de conservation
- d'éliminer de la carte les produits fragiles
- d'utiliser le circuit long uniquement aux périodes de pointe.



en pointillé : étape de stockage réf igéré

Figure n° 4-4 : Diagramme t pe Roissy 1

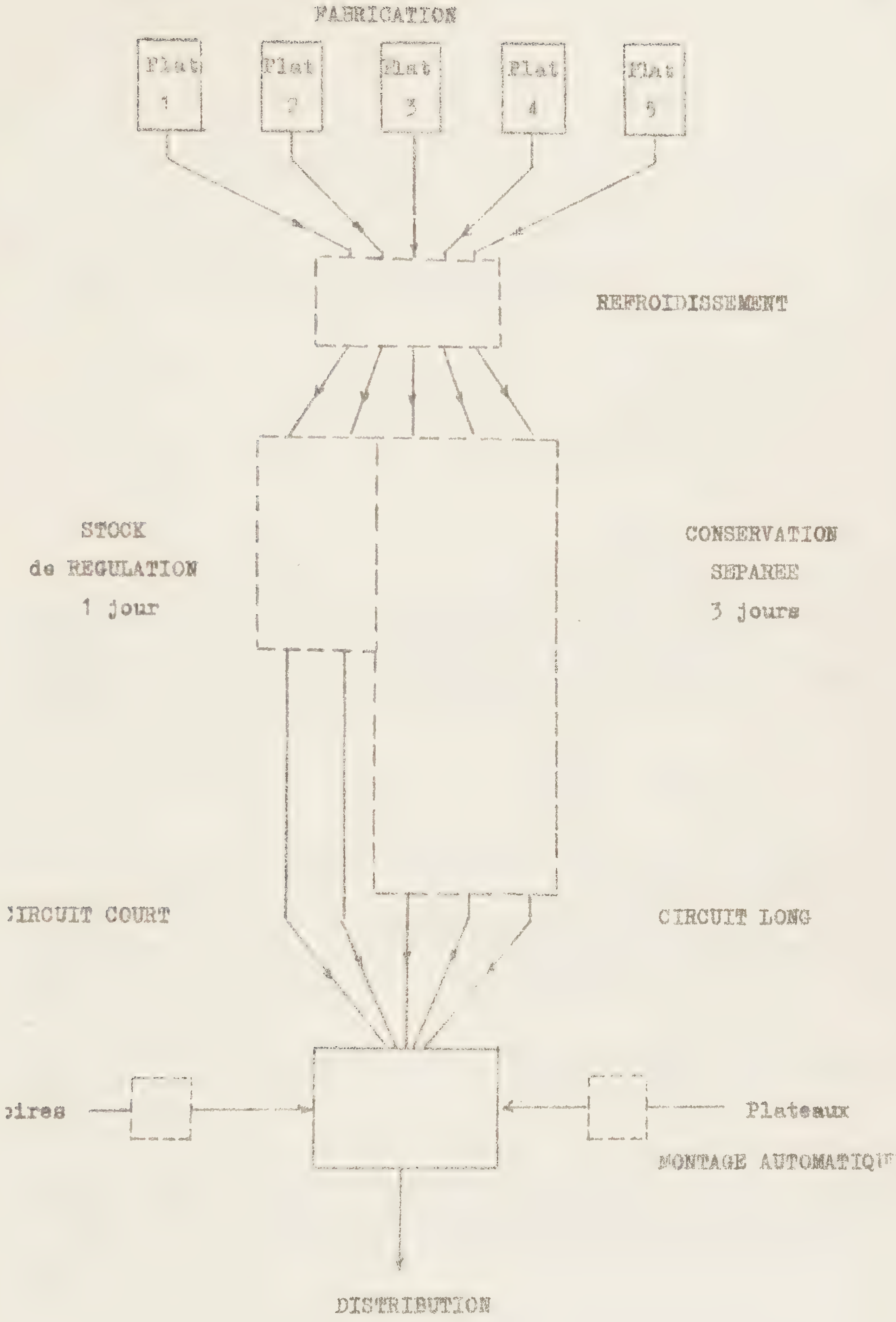


Figure n° 4-5 : Diagramme type Roissy 2

CONCLUSION GENERALE

Si nous voulons résumer ce travail sur la conservation des plats préparés, nous pouvons dire qu'il s'agit d'une recherche en vue d'établir un traitement homogène à un en=
=semble de denrées hétérogènes,par leur nature,leur origi=
=ne,leurs qualités et leur préparation.

Pourquoi cette recherche d'homogénéité?...Pour simplifier le travail de distribution,c'est-à-dire réduire le montant des investissements et limiter le coût de l'opération.
A tous les niveaux,et ce problème dépasse le domaine de l'alimentation,l'homogénéité est recherchée dans un but d'économie.

Dans le cas de la conservation des plats préparés,est-il possible d'appliquer une procédure identique,à des denrées très variées ?

Pour répondre à cette question,il est nécessaire, dans un premier temps,d'établir un bilan des points communs relatifs à la qualité de ces denrées et à leur évolution dans le temps,puis de choisir une technique dont on présume une effi=
=cacité générale.

A partir des données de l'expérience courante et des données bibliographiques,le froid apparaît en définitive comme étant l'instrument le mieux adapté à la conservation du plus grand nombre de plats préparés,encore faut-il s'en assurer .

Pour vérifier l'efficacité de la réfrigération,il faut également posséder un moyen de contrôle identique pour tous les plats,car,en un temps donné,il est difficile de mener de front une étude intensive,où l'on cherche à apprécier avec minutie le comportement d'une qualité d'un plat, et une étude extensive où fatalement,l'appréciation des qualités est moins précise,mais s'applique au plus grand nombre.

Nous avons retenu les moyens d'investigation simples,tels que la pesée-(appréciation des mouvements d'eau)-,la dégustation -(appréciation des qualités organoleptiques)-,ainsi que le dénombrement des germes totaux,indologènes,coliformes,et pro=ducteurs d'H_2S-(qualité bactériologique)

Dans différents essais entrepris,il ressort qu'une conservation pendant trois jours de la majorité des plats préparés, est possible,dans la mesure où leurs qualités initiales sont satis=faisantes,et oùleur perte en eau reste inférieure à 3% du poids initial .
On peut obtenir ces résultats en plaçant les produits à +3ºC dans des conteneurs dont l'atmosphère est renouvelée 3 fois/heure grâce à un courant d'air d'humidité $\varphi = 0,90$

Ce procédé n'est pas à même de préserver tous les plats préparés; certains-(pâtisserie)-,ne peuvent supporter le voisinage de denrées riches en eau,d'autres déçoivent le consommateur par leur apparence ou leur goût-(viande rouge glacée,mousse de foie gras)-, d'autres enfin risquent de rendre malade -(langouste)-.

La réfrigération reste un procédé de conservation limité dans le temps,qui a pour seul effet de ralentir le processus de dégradation et qui ne saurait être mis en oeuvre au plan industriel,sans un contrôle rigoureux des qualités initiales et finales.

Certes l'application de ce procédé entraîne un risque,surtout au plan bactériologique,mais ce risque peut être cerné,délimité, et maîtrisé.

En définitive,la réfrigération peut permettre l'homogénéité de traitement que recherche l'industriel,mais surtout,elle peut sauvegarder la variété des mets présentés au consommateur.c'est-à-dire éviter la monotonie des plats standardisés,et celà d'autant mieux qu'une recherche plus intensive se poursuit à propos des denrées les plus fragiles.

B I B L I O G R A P H I E

1 MICHENER H.D. and ELLIOTT R.P. (1964)
Minimum growth temperatures for food poisoning, fecal indicat[illegible],
and psychrophilic microorganisms
Adv. in Food Research 13 349-396

2 NORMAN W. and DESROSIER Ph. D. (1959)
The technology of Food Preservation
The Avi Publishing Company, Inc. 52-95

3 ULRICH R. (1954)
Conservation par le Froid des Denrées d'Origine Végétale
J.B. Baillière et Fils - Paris

4 ALBERT BERNAL A., REIG FELIU A. et PEREZ-NIEVAS C. ( )
Influence de diverses méthodes de préréfrigération sur les
conditions de commercialisation des légumes à grandes feuille

5 SOUDAN F. (1965)
La conservation par le froid des poissons, crustacés et moll[illegible]ues
J.B. Baillière et Fils - Paris

6 PIETTRE M. (1950)
Conservation par le Froid des Denrées d'Origine Carnée
J.B. Baillière et Fils - Paris

7 LEMAIRE J.R. (1965)
Les pertes de poids par dessiccation
Euroviande - Nov. Déc. 35-43

8 PANTALEON J. et ROSSET R. (1967)
Problèmes bactériologiques posés par le conditionnement des aliments périssables sous pellicule plastique
Aliment. et Vie 1-2-3 48-54

9 GUTSCHMIDT J. und SCHMIDT-LORENZ W. (1963)
Die Haltbarkeit leichtverderblicher Lebensmittel im Hanshaltskühlschrank
Die Kälte 13 61-68

10 VAN ARSDEL W.B. and COPLEY M.J. (1963)
Food dehydration
The Avi Publishing Company, Inc. Westport

11 EDE A.J. (1958)
Some physical data concerning the drying of potato strips
Soc. of Chem. Industry London 136-142

12 GÖRLING (1958)
Physical phenomena during the drying of foodstuffs
Soc. of Chem. Industry London 42-53

13 GAC A. (1970)
Les pertes massiques de denrées en entreposage frigorifique
Institut International du Froid - Leningrad - Annexe 1970-3 21-28

14 GUILLOT (1970)
Les pertes de poids des viandes conservées par le froid
Institut International du Froid - Leningrad - Annexe 1970-3 127-141

15 HOLDSWORTH S.D.
Heat and mass transfer in the low temperature preservation of food
Institut International du Froid - Leningrad - Annexe 1970-3 47-58

16 GAC A., FRANCOIS D. et SCHILTZ J. (1970)
Premiers résultats concernant la formation du givre dans les paquets étanches de produits congelés
Institut International du Froid - Leningrad - Annexe 1970-3

17 LEBLOND C. et PAULIN A. (1968)
La conservation frigorifique des pommes et des poires
J.B. Baillière et Fils - Paris 116

18 WATSON F. (1965)
Designing humidity controls for environmental chambers
Humidity and Moisture Vol.II Reinhold Publishing Corporation
New York 249-263

19 ROSS I.J. and MYERS J.M. (1965)
Humidity, temperature, and air-flow control cabinets for experimentation in processing agricultural Products
Humidity and Moisture Vol.II Reinhold Publishing Corporation New York 273-277

20 KVAALE O. and DALHOFF E. (1963)
Determination of the equilibrium relative humidity of foods
Food Technology 17 659-661

21 JACOBSON M. and KOEHLER H. (1970)
Development of rancidity during short-time storage of cooked poultry meat
J. Agr. Food Chem. 18 1069-1072

22 HAMMER B.W. and BABEL F.J. ( )
Dairy Bacteriology
John Wiley and Sons, Inc. Publishers - New York 174-188

23 STOKES J.L. (1968)
Low temperature biology of foodstuffs
Rec. Adv. in Food Sc. n°4 Pergamon Press 221-233

24 MATZ S.A. (1965)
The relation of Microbial spoilage to water activity of Foods
Water in Foods
The Avi Publishing Company, Inc. 249-261

25 MICHEL (1970)
Enrobage des viandes rouges après cuisson
Rapport de stage I.N.A. Paris

26 TREMOLIERE
L'Alimentation et la Vie
Passage relatif à la qualité des viandes (coloration du veau)

27 SCOTT W.J. (1957)
Water Relations of Food Spoilage Microorganisms
Adv. in Food Research 7 84-127

IVERSITÉ DE DIJON

Boite Postale n° 138
21000 - DIJON
Tél : 30.64.73

DIJON, LE 26 janvier 1974

THESE DE DOCTEUR-INGENIEUR

PRESENTEE PAR MONSIEUR RENE MERLE

"Contribution à l'étude de la conservation par le froid des plats préparés "

Vu et permis d'imprimer

Le Président de l'Université de Dijon.

UNIVERSITÉ DE DIJON
Le Président

Pierre Feuillée